

Aus dem Physiologischen Institut
der Ludwig–Maximilians–Universität München
Vorstand: Prof. Dr. med. Claudia Veigel

Hypermediale Wissensvernetzung in Physiologie und Physik

Entwicklung einer webbasierten Lernumgebung und Untersuchung ihres
Einflusses auf interdisziplinäres Lernen

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Humanbiologie
an der Medizinischen Fakultät
der Ludwig–Maximilians–Universität München

vorgelegt von
Andre Scherl
aus Schwerin

2013

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. Michael Meyer Prof. Dr. Martin Fischer
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. Stefan Glasauer Prof. Dr. Jens Waschke
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:	Dr. Kathrin Dethleffsen
Dekan:	Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR
Tag der mündlichen Prüfung:	10.09.2013

Für meine Familie

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zielsetzung	3
2.1	Vernetztes Lernen	3
2.1.1	Grundsätzliches zum Fächer übergreifenden Lernen	3
2.1.2	Vernetztes Lernen im Praktikum	4
2.1.3	Zusammenspiel der Disziplinen	5
2.2	Lernen mit Multimedia und neuen Medien	6
2.3	Lösungsansatz Learning Management System (LMS)	7
2.4	Bedürfnisse der Studierenden	8
2.5	Anforderungen an eine webbasierte Lernumgebung	11
2.5.1	Adaptivität	12
2.5.2	Wissensvernetzung	12
2.6	Forschungsfragen	12
3	Entwicklung einer webbasierten Lernumgebung	15
3.1	Technische Entwicklung	15
3.1.1	Moodle allgemein	15
3.1.2	Netznavigation als Erweiterung	18
3.1.3	Adaptivität als Erweiterung	21
3.1.4	Lerntypentest per Erweiterung	27
3.1.5	Veröffentlichung der Erweiterungen	28
3.2	Inhaltliche Entwicklung und Anwendung	28
4	Feldstudie	31
4.1	Anlage der Studie	31
4.2	Entwicklung des Tests	31
4.3	Datenerhebung	32
4.3.1	Stichprobenauswahl	32
4.3.2	Durchführung	33
4.4	Definition der Skalen	33
4.4.1	Vorwissen	34
4.4.2	Wissen im Nachtest	34

4.5	Fragenanalyse	35
4.6	Statistische Analyse	36
4.6.1	Pfadanalyse	36
4.6.2	Wissenszuwachs	37
4.6.3	Mann-Whitney U-Test	37
4.6.4	Effektgröße	38
4.6.5	Teststärke	39
4.6.6	Vernetzungsmaß (Globale Navigation)	40
5	Ergebnisse	43
5.1	Wissenstest	43
5.1.1	Fragenanalyse	43
5.1.2	Fachwissen und Transfer	43
5.1.3	Vergleich des Wissenszuwachses zwischen LMUdle-Nutzergruppen .	46
5.1.4	Vergleich der Antworten der LMUdle-Nutzergruppen	46
5.2	Navigationsverhalten	51
5.2.1	Verwendung der verschiedenen Navigationsarten	51
5.2.2	Besuchte Lernaktivitäten	52
5.2.3	Navigationsstruktur	54
5.2.4	Individuelle Navigationsanalyse	55
5.3	Bewertung des LMUdle-Kurses und der Lehre	57
5.3.1	Beurteilung des LMUdle-Kurses	57
5.3.2	Analyse der geringen Beteiligung	57
5.4	Lernverhalten	60
5.4.1	Verwendete Lernmaterialien	60
5.4.2	Zeitaufwand für das Selbststudium	62
5.4.3	Effektivität des Lernens	62
6	Diskussion	65
6.1	Steigerung des Wissenszuwachses	65
6.2	Zusammenhang von Fachwissen und Transfer	65
6.3	Fächerübergreifende Navigation in Moodle	66
6.4	Bevorzugte Lernobjekte	68
6.5	Effektiver Lernen mit Hypermedia	69
6.6	Bedürfnisse der Studierenden	69
6.7	Integration von Hypermedia in die bestehende Lehre	70
7	Zusammenfassung	73
8	Ausblick	75

A Fragebogen	85
A.1 Umfrage vor der Entwicklung der Moodle-Erweiterung	86
A.2 Vorwissen	89
A.3 Wissenszuwachs	96
A.4 Wissenszuwachs & Verwendung	99
B Diagramme & Tabellen	103
C Integration der Moodle-Erweiterungen in die Datenbank	107

Kapitel 1

Einleitung

Studierende der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) in München absolvieren im dritten und vierten Semester u. a. Lehrveranstaltungen in Physiologie und Physik. In Vorlesungen, Seminaren und Praktika werden Inhalte der Neurophysiologie, vegetativen Physiologie und der „Physik für Mediziner“ behandelt, wobei naturgemäß in der Physiologie viele Abläufe auf der Grundlage physikalischer Konzepte verstanden werden können. Um den Studierenden fächerübergreifende Zusammenhänge deutlich zu machen und der Physik auf diese Weise aus medizinischer Sicht mehr Bedeutung beizumessen, wurden einige Versuche des Praktikums der Physik in physiologische Kontexte gebettet. Insbesondere die Inhalte zu Membranpotenzial, Aktionspotenzial und elektrischen Schaltkreisen wurden in diesem Sinne überarbeitet. Die Maßnahme zeigte sehr große positive Effekte auf den Wissenserwerb der Studierenden und das Erkennen interdisziplinärer Relationen [1].

Um an diese Erfolge anzuknüpfen, wird der interdisziplinäre Ansatz vom Lernen im Praktikum auf das selbständige und individuelle Lernen außerhalb der Lehrveranstaltungen übertragen. Webbasierte hypermediale Lernumgebungen stellen hierfür ein geeignetes Hilfsmittel dar. Studierende können Ort und Zeit zum Lernen frei wählen und sich in ihrem Tempo mit den Lerninhalten auseinandersetzen.

Die medizinische Fakultät der LMU betreibt eine Moodle [2] Lernplattform, die bereits von Dozenten und Studierenden genutzt wird und Kurse der verschiedenen Fächer enthält. Diese Lernplattform wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit um zusätzliche Funktionen für individuelles interdisziplinäres Lernen erweitert. Zum Einen wurde ein kursübergreifendes Navigationswerkzeug in Form einer dynamisch generierten, interaktiven Concept Map entwickelt. Zum Anderen wurden der Navigation adaptive Funktionen hinzugefügt, welche die Studierenden individuell bei der Auswahl geeigneter Lernobjekte unterstützen, wobei sie Kenntnisstand, Lerntyp und andere personenabhängige Eigenschaften berücksichtigen. Um eine individuelle Auswahl oder Empfehlung von Lernobjekten überhaupt zu ermöglichen, wurden vielfältige Repräsentationsformen der zu lernenden Inhalte, wie z. B. Textseiten, Selbstkontrollen, interaktive Elemente, Animationen, Simulationen, Videos, PDF-Dokumente sowie klinische Bezüge, in die Lernumgebung integriert.

In den beiden aufeinanderfolgenden Jahrgängen WS 2010/11 und WS 2011/12 wurde eine Feldstudie mit insgesamt ca. 600 Studierenden der Humanmedizin am physiologischen Institut der medizinischen Fakultät der LMU durchgeführt. Der individuelle Wissenszuwachs sowie das Lernverhalten der Teilnehmer wurden erhoben und in Abhängigkeit von der Nutzung der hypermedialen Lernumgebung miteinander verglichen. Außerdem wurde das Navigationsverhalten der Studierenden innerhalb der Lernumgebung aufgezeichnet und ausgewertet.

Kapitel 2

Zielsetzung

2.1 Vernetztes Lernen

2.1.1 Grundsätzliches zum Fächer übergreifenden Lernen

Die nicht zufrieden stellenden Ergebnisse der deutschen Jugendlichen bei den Vergleichsstudien PISA (Program for International Student Assessment) und TIMSS (Third International Mathematics and Science Study) wurden unter anderem durch zu wenig angewandten Fächer übergreifenden Unterricht¹ begründet [3]. Die Schüler wiesen Schwächen beim Transfer von Fachwissen in anwendungsbezogene Kontexte auf, was mit der Dominanz des systematischen Wissensaufbaus in strenger Fachgliederung zulasten situierten Lernens begründet wird. Die von Erziehungswissenschaft, Fachdidaktiken und Bildungspolitik regelmäßig geforderte Interdisziplinarität wird international sehr unterschiedlich gehandhabt [4]. Während in Deutschland und Frankreich Biologie, Chemie und Physik größtenteils getrennt unterrichtet wird, gibt es in der Schweiz oder Kanada Integrationsfächer, wie z.B. „Natur-Mensch-Mitwelt“. Auch an deutschen Universitäten ist das Studium überwiegend in getrennte Fächer gegliedert, welche ihren eigenen, von anderen Disziplinen größtenteils unabhängigen, inhaltlichen Aufbau haben.

Dabei gibt es vielfältige Begründungen für Fächer übergreifenden Unterricht, so nennt Labudde [3] u. a. die folgenden Punkte:

Konstruktivistische Lerntheorien Lernende konstruieren ihr Wissen in einem aktiven Prozess, indem sie an das eigene Vorwissen anknüpfen, es interpretieren und neues Wissen aufgrund individueller Erfahrungen generieren. Auch Interessen, Überzeugungen, Gefühle und die Identifikation mit den Lerninhalten spielt für die Generierung neuen Wissens eine Rolle. Daher sollten Lerninhalte in den individuell bedeutsamen Kontext des Lernalters eingebettet sein. Kooperation und Kollaboration bieten Möglichkeiten für eine gemeinsame Beschäftigung mit den Lerninhalten und sind für Lernprozesse von zentraler Bedeutung.

¹Fächer übergreifender Unterricht kann in verschiedene Unterformen differenziert werden (vgl. [3]), worauf an dieser Stelle verzichtet werden soll.

Ebenso gehört die Reflexion und Kontrolle des Lernprozesses und Lernerfolgs zur Generierung neuen Wissens. Fächer übergreifender Unterricht kann hier also als natürliche Konsequenz einer konstruktivistisch orientierten Lehre verstanden werden.

Wissenschaftspropädeutik Vorgehensweisen, Möglichkeiten und Beschränkungen eines naturwissenschaftlichen Faches können im Fächer übergreifenden Unterricht ebenso behandelt werden wie ein überfachlicher Vergleich und eine Metareflexion mit gesellschaftlichem Bezug. Die gewünschten wissenschaftspropädeutischen Kompetenzen umfassen dabei sowohl das Erkennen von naturwissenschaftlichen Fragen, die Aufarbeitung und Kommunikation der Ergebnisse als auch das Verständnis wissenschaftlicher Begriffe. In diesem Zusammenhang ist der Fächer übergreifende Unterricht als Ergänzung zum Fachunterricht zu sehen, welcher sicherlich ebenfalls große Beiträge zum Erlangen dieser Kompetenzen leistet.

Schlüsselprobleme der Menschheit Es bedarf interdisziplinärer Zusammenarbeit, um die Probleme der Menschheit (z.B. Treibhauseffekt, Gentechnik) zu lösen. Die Bereitschaft solche Probleme aus den verschiedenen Blickwinkeln der einzelnen Fächer zu betrachten und diese zu vernetzen, kann nach Klafki [5] vermutlich durch Fächer übergreifenden Unterricht besser erzielt werden als durch reinen Fachunterricht.

Lernen in Projekten Das Projekt kann als Methode Fächer übergreifenden Unterrichts gesehen werden. Eine genaue Gliederung zur Durchführung liefert z.B. Frey [6]. Die Fachdidaktik und Erziehungswissenschaft ist sich größtenteils einig, dass es sich mit dem Projekt um eine empfehlenswerte Umsetzung des Fächer übergreifenden Unterrichts handelt. Dieser kann jedoch nicht auf die Projektmethode reduziert werden.

Überfachliche Kompetenzen Überfachliche Kompetenzen, wie z.B. differenziertes Denken, sind nach Labudde nicht zwingend auf Fächer übergreifenden Unterricht angewiesen, dieser bietet aber zum Erwerb der Kompetenzen die besseren Vorraussetzungen.

Reingold und Bündler [7] sehen Fächer übergreifenden Unterricht nicht nur als eine wichtige Ergänzung des Fachunterrichts, sondern als seine genuine Vollendung. Bezogen auf den Physikunterricht spricht Muckenfuß [8] von der Einbettung physikalischer Inhalte in Rahmenkontexte von lebenspraktischer Bedeutung.

2.1.2 Vernetztes Lernen im Praktikum

Vernetztes Lernen meint einerseits die horizontale und andererseits die vertikale Vernetzung. Verknüpfungen zwischen den einzelnen Fächern werden als horizontale Vernetzung angesehen, während sich die vertikale Vernetzung als das (fachinterne) Eingliedern neuen Wissens in bekannte Wissensstrukturen versteht.

Um dieses vernetzte Lernen zu unterstützen, wurde in den Praktika der Physiologie und

Physik für Humanmediziner an der Ludwig-Maximilians-Universität München eine strukturelle und inhaltliche Abstimmung unternommen. So werden physikalische Inhalte zeitnah zu den passenden physiologischen Inhalten unterrichtet und teilweise in physiologischen Kontexten vermittelt. Zum Beispiel wird die Elektrizitätslehre im Rahmen eines Modells der Membran einer Nervenzelle erarbeitet. Auf diese Weise lassen sich große Erfolge beim Lernen der Physik erzielen [1]. Ein solches Ergebnis ermuntert zu weiteren Bestrebungen in dieser Richtung.

Eine weitere Herausforderung ist die vertikale Vernetzung. Generiert der Studierende in seinem Gedächtnis ein Wissensnetz, in dem er neue Inhalte an bereits Gelerntes anknüpft, spricht man von kumulativem Lernen. Ganz im Gegensatz zu additivem Lernen, bei dem primär Fakten auswendig gelernt werden, ohne sie in ein Wissensnetz zu integrieren [9]. Die Praktika sind, wie viele universitäre Lehrveranstaltungen, in wissenslogische Abschnitte unterteilt. Diese Abschnitte sind, insbesondere im Physikpraktikum, nahezu komplett. Darüber hinaus werden die verschiedenen Themen von jeweils anderen Dozenten vermittelt, was ein Anknüpfen an das Vorwissen der Studierenden erheblich erschwert. Als Konsequenz nehmen die Lernenden den Zuwachs ihrer Fachkompetenzen kaum wahr, da der Unterricht mit jedem Thema neu beginnt [9]. Auch das konzeptuelle Wissen wird ohne vertikale Vernetzung scheinbar nicht ausreichend gefördert. So folgern Baumer et al. [10] aus den Ergebnissen der TIMSS-Studie, dass in den naturwissenschaftlichen Fächern neues Wissen eher additiv als kumulativ gebildet wird.

Im Rahmen des Physiologieunterrichts der Humanmediziner finden, ganz im Sinne der vertikalen Vernetzung, neben Vorbesprechungen, Nachbesprechungen, Praktikumsversuchen und der Vorlesung, auch *Organzentrierte Seminare* statt. In diesen Seminaren werden Inhalte aus den verschiedenen Themen der Physiologie behandelt und klinische Anwendungen besprochen, was die Voraussetzungen für kumulatives Lernen steigert.

2.1.3 Zusammenspiel der Disziplinen

Zur Aufbereitung der Lerninhalte für Fächer übergreifenden Unterricht ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit erforderlich, die fach- und themenspezifische „Lerneinheiten“ aufeinander abstimmt und im gemeinsamen Leitkonzept passend integriert. Dieses Vorgehen wird mit steigender Anzahl von Lehrenden zunehmend schwieriger zu verwirklichen. Dabei bietet gerade eine große Vielfalt an Lehrenden ebenso viel Expertenwissen, welches in geeigneter Kombination eine außerordentliche Bereicherung der Lehre darstellen kann. Für eine erfolgreiche Zusammenarbeit ist die Kommunikation unter den Lehrenden ein notwendiges Kriterium. Die Lehrveranstaltungen der Physiologie und Physik für Humanmediziner an der LMU werden in Vor- und Nachbesprechungen der Dozenten vorbereitet bzw. reflektiert, darüber hinaus erhalten die Dozenten Lehrmaterialien, wie z. B. Powerpoint-Präsentationen, Skripte oder Musterlösungen. Allerdings beschränkt sich diese Zusammenarbeit hauptsächlich auf die einzelnen Themenblöcke oder Fachbereiche und bietet damit noch Potenzial zur Weiterentwicklung.

Um die kollegiale Kollaboration zu fördern, kann eine zentrale Plattform zum Erstellen,

Bereitstellen und Bearbeiten von Lehrmaterialien sowie zur synchronen und asynchronen Kommunikation, ein hilfreiches Werkzeug darstellen. Auf diese Weise können Lehrende zeitlich flexibel und mit fortlaufendem Kontakt gemeinsam an und mit Lehrinhalten arbeiten. Webbasierte Lösungen ermöglichen darüber hinaus eine Zusammenarbeit über beliebige Distanzen, ebenso wie den direkten Zugriff während Lehrveranstaltungen.

2.2 Lernen mit Multimedia und neuen Medien

„Unter Multimedia versteht man vier spezifische technische Aspekte von Medien, die im Kontext von Anwendungen integriert werden. Dabei handelt es sich zuerst um den Medienaspekt, der sich in der Verknüpfung von zeitabhängigen und zeitunabhängigen Medien begründet, dann um den Integrationsaspekt in Form des sogenannten Multitasking, d. h. der gleichzeitigen Realisierung mehrerer Prozesse. Hinzu kommen die Parallelität, d. h. die zeitgleiche Präsentation einzelner Medien, und schließlich deren Interaktivität, die uns die Möglichkeit der Interaktion mit diesen Medien gibt.“ [11, S. 559]. Bilder, Texte und andere zeitlich konstante Medien werden als zeitunabhängige Medien betrachtet, während unter zeitabhängigen Medien z. B. Videos und Animationen zu verstehen sind.

Bezüglich der Verwendung von Multimedia zum Lehren und Lernen verweist Fischer et al. [12] auf zahlreiche Belege für die so erreichte Unterstützung von Lern- und Gedächtnisprozessen. Er macht jedoch ebenfalls darauf aufmerksam, dass der Lernerfolg durch ungünstige Bedingungen bei der Verwendung von Multimedia auch gemindert werden kann und stellt Prinzipien, abgeleitet aus Mayers empirisch gut fundierten Modellen [13], zur Gestaltung multimedialer Lernumgebungen dar. Demnach erhöht sich z. B. die Transferleistung bei gleichzeitiger Präsentation von Text und Bild (multimedia principle) anstelle von Text allein, insbesondere wenn diese räumlich nah bei einander angeordnet sind (contiguity principle). Erläuterungen werden besser in gesprochener Sprache präsentiert, weil die visuelle Aufmerksamkeit auf diese Weise nicht durch zusätzlich zu lesenden Text geteilt werden muss (visual split attention, modality principle). Mayer weist ebenfalls darauf hin, dass die Prinzipien bei Lernern mit weniger Vorwissen einen größeren Effekt haben als bei Lernern mit höherem Vorwissen. Außerdem profitieren verbale und visuelle Lerner in unterschiedlichem Maße von entsprechenden dargebotenen Multimedialinhalten [14].

Daraus lässt sich folgern, dass multimediales Lernen einen größeren Nutzen mit sich bringt, wenn sich die Darstellungsformen und Anwendungen an den individuellen Bedürfnissen des Lerners orientieren. In diesem Sinne bieten sich Lernumgebungen an, die selbstgesteuertes Lernen ermöglichen. Eine Anwendung hierfür sind hypermediale Lernumgebungen, in denen sich der Lerner im Idealfall selbst Ziele setzt, sein Vorwissen aktiviert, die entsprechenden zu ihm passenden Lernressourcen wählt und in seiner Geschwindigkeit bearbeitet, um sein Wissen anschließend zu prüfen und gegebenenfalls gezielt nachzuarbeiten [12]. Außerdem verfügt der Lerner idealerweise über Strategien zur Aufrechterhaltung von Motivation und Konzentration [15]. Dieser ideale selbstgesteuerte Lernprozess wird in der Realität nur selten zu beobachten sein, da er vom Lerner und der Lernsituation viel abverlangt [12].

Häufig fällt Lernenden die Orientierung in hypermedialen Lernumgebungen schwer und sie neigen zur kognitiven Überforderung [16]. Unterstützung bei der Orientierung und Navigation kann diesen Effekten entgegenwirken. Es wurde jedoch auch in übersichtlichen Lernumgebungen ein problematischer Umgang mit Hypermedia beobachtet, wie z. B. in einer Studie mit Studierenden der Medizin [17]. Die Lernenden verfielen teilweise in eine ineffektive Strategie des unreflektierten Datensammelns und lernten auf diese Weise kaum etwas dazu. Eine andere Schwierigkeit ist der Verlust des Gesamtzusammenhangs durch zu starke Konzentration auf spezielle Teilaspekte beim Lernen mit neuen Medien [18], so dass die Vorteile von hypermedialen Lernumgebungen eher von Lernern mit höheren Fähigkeiten erfahren werden können [19].

Technische Ansätze zur Lösung dieser Schwierigkeiten des selbstgesteuerten Lernens führen zur Entwicklung von adaptiver Hypermedia, dies sind hypermediale Lernumgebungen, die sich den individuellen Bedürfnissen und Eigenschaften des Lerners anpassen. Sie stellen eine Alternative zu Systemen dar, die alle Lerner gleich behandeln. Adaptive Lernumgebungen hingegen erstellen ein Benutzermodell, welches die persönlichen Ziele, Eigenschaften (z. B. Lerntyp) und das Wissen des Lerners enthält, um die Interaktion mit ihm an ihn anzupassen [20]. In den letzten 15 Jahren wurden viele solcher Systeme entwickelt und deren Unterstützung des Lernens in hypermedialen Lernumgebungen nachgewiesen [21]. An solchen adaptiven Systemen wird jedoch der hohe technische Aufwand kritisiert, der für die individualisierte Lernprozessregelung notwendig ist [22]. Dieser Punkt sollte allerdings mit der fortschreitenden Entwicklung der Informationstechnologien an Gewicht verlieren.

Hypermediale Lernumgebungen bieten neben individualisiertem Lernen auch die Möglichkeit, über gegenseitigen Erfahrungs- und Wissensaustausch, den vermehrten Akzenten mediendidaktischer Konzeptionen auf kooperatives Lernen [23] gerecht zu werden. Viele Werkzeuge zur Kommunikation sind hierfür bereits verfügbar, wie z. B. Diskussionsforen, Wikis, Weblogs, Podcasts, Chats, Videokonferenzen usw. Ein erfolgreicher Lernprozess sowie selbstständiges, eigenverantwortliches Lernen kann durch solche Kommunikation innerhalb der Lernumgebungen wesentlich beeinflusst werden [24].

Schließlich soll darauf hingewiesen werden, dass hypermediale Lernumgebungen keinesfalls traditionelle Lehrveranstaltungen verdrängen sollen. Im Gegenteil, die sinnvolle Kombination von E-Learning und Präsenzveranstaltung hat sich als erfolgreiches Konzept herausgestellt [25].

2.3 Lösungsansatz Learning Management System (LMS)

Viele Varianten des Lernens mit Multimedia und neuen Medien lassen sich mit Hilfe eines LMS verwirklichen. Es gibt eine Vielzahl von entwickelten Lösungen. Zwei der am weitesten verbreiteten Systeme sind *Blackboard* [26] als kommerzielles Angebot und das freie Open-Source-Projekt *Moodle* [27]. LMS bieten Möglichkeiten die verschiedensten Arten von Lernobjekten und -aktivitäten in eine übergeordnete Struktur, wie z. B. Kurse, einzubetten. Ein solcher Kurs kann unter anderem Textseiten, Animationen, Multiple Choice Fragen, Lückentexte, Links zu Webseiten oder Videos enthalten. Darüber hinaus bieten

diese Lernumgebungen auch einige Formen der Kommunikation zwischen allen Benutzern, wie z. B. persönliche Nachrichten, Chats, Diskussionsforen oder Wikis. Auch ein Rollensystem zur Organisation der verschiedenen Benutzerberechtigungen ist in der Regel integriert. Ein großer Vorteil solcher webbasierten Redaktionssysteme liegt in der plattformübergreifenden Kompatibilität, da die Anwendungen in der Regel mithilfe aller modernen Browser ausgeführt werden können. Dabei grenzen sich LMS von Content Management Systemen (CMS) durch ihre Ausrichtung auf Lehr- bzw. Lernanwendungen ab.

Die medizinische Fakultät der LMU München bietet ihren Studierenden und Dozenten die Moodle-Plattform *LMUdle* [28] zur Unterstützung der Lehre an. Dieses Angebot beinhaltet auch eine fortlaufende Betreuung der Plattform in Bezug auf technische Belange sowie die Einweisung und Unterstützung der Nutzer. So hat sich die Verwendung von *LMUdle* in einigen Fachbereichen, insbesondere des klinischen Studienabschnitts, bereits bewährt.

2.4 Bedürfnisse der Studierenden

Um die Bedürfnisse der Studierenden im Entwicklungsprozess zu berücksichtigen, wurden diese mithilfe einer zweistufigen Umfrage erhoben. Die Teilnehmer ($N = 316$) befanden sich im vierten Semester der Humanmedizin und absolvierten den zweiten Teil des Praktikums in Physiologie und Physik. Im ersten Schritt wurden hierfür fünf offene Fragen gestellt, welche die Gründe für eine Nutzung, die gewünschten Inhalte und hypermedialen (interaktiven) Möglichkeiten erfragten. Des Weiteren wurde evaluiert, welche Gründe die Studierenden von einer Nutzung abhalten würden und Raum für persönliche Anregungen gegeben. Auf Grundlage der Ergebnisse dieser ersten Umfragestufe wurde ein Fragebogen mit geschlossen, 5-stufig skalierten Fragen entwickelt (vgl. Anhang A.1).

Der Fragebogen ist in die folgenden fünf Bereiche eingeteilt, welche in einer letzten Frage unabhängig voneinander gewichtet werden:

1. Individualisierung der Lerninhalte
2. Wissensvernetzung
3. Materialien
4. Kommunikation
5. Aktivitäten

Abbildung 2.1 zeigt die Gewichtung der Bereiche durch die Studierenden. Demnach sind Materialien und Wissensvernetzung von offenkundig höherer Bedeutung als Aktivitäten, Kommunikation und Individualisierung der Lerninhalte.

Die Bewertungen der Fragen unter Berücksichtigung der Gewichtung der einzelnen Bereiche sind in Abbildung 2.2 dargestellt. Altklausuren und Vorlesungsfolien dominieren die Wünsche und Bedürfnisse der Studierenden deutlich, gefolgt von medialer Vielfalt, Praktikumsskripten und schließlich im Praktikum verwendeten Programmen. Das Sammeln von

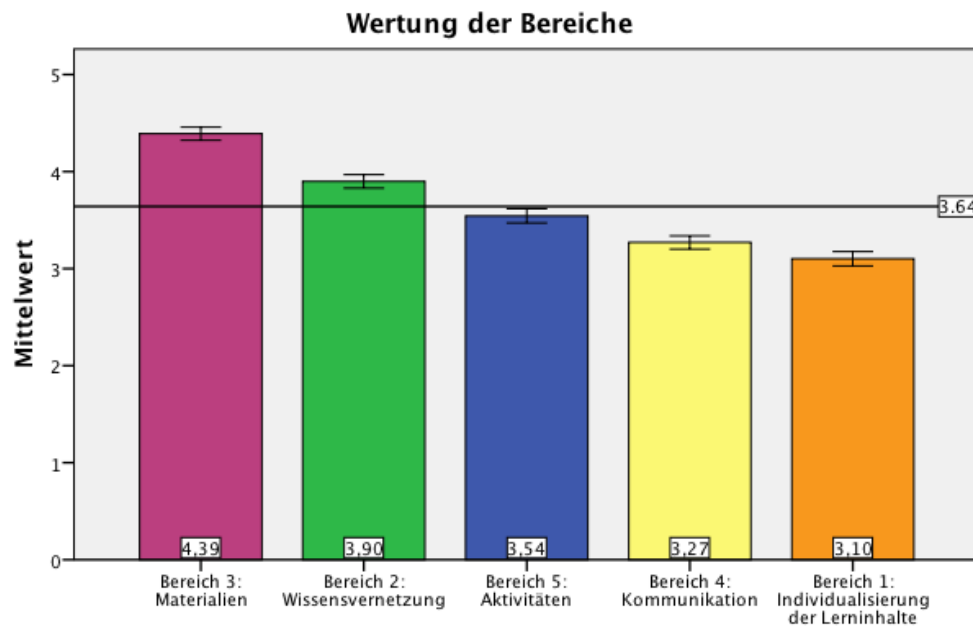


Abbildung 2.1: Mittelwerte der Gewichtung der Bereiche (mit zweiseitigem Standardfehler) durch die Studierenden. 1 = unwichtig, 5 = sehr wichtig

Materialien zum Lernen und Testen des eigenen Wissensstands scheint somit ein primäres Anliegen der Studierenden zu sein. Erst danach deutet sich ein Interesse an fächerübergreifenden Zusammenhängen, medizinischer Relevanz und der Verknüpfung zu bereits bekannten Grundlagen sowie der Prüfungsvorbereitung an. Eine untergeordnete Rolle spielt die Kommunikation mit Dozenten, wie z. B. in Diskussionsforen, als auch die Individualisierung der Lerninhalte durch Rückmeldungen zum Kenntnisstand, die Berücksichtigung des Vorwissens, des Lerntyps und der Interessen oder der Generierung eines individuellen Praktikumsskripts.

Angaben der Studierenden in Freitextform ergeben klare Forderungen nach einer zentralen Plattform, die alle Fächer beinhaltet und übersichtlich gestaltet ist.

Viele Studierende würden sich sicherlich dem folgenden Zitat eines Kommilitonen anschließen, wenn es um Hilfsmittel zum Lernen geht: „Wie komm ich am schnellsten erfolgreich durch Prüfungen“. Dieses Bedürfnis ist nicht neu [29], nachvollziehbar und wahrscheinlich ein Resultat des praktizierten Curriculums. Viele Lehrende wünschen sich andererseits eine mehr interessengeleitete, intrinsische Motivation der Studierenden. Die Annäherung dieser Positionen soll als Herausforderung gesehen werden, die durch die Individualisierung des Lernens mithilfe einer hypermedialen Lernumgebung angenommen werden kann.

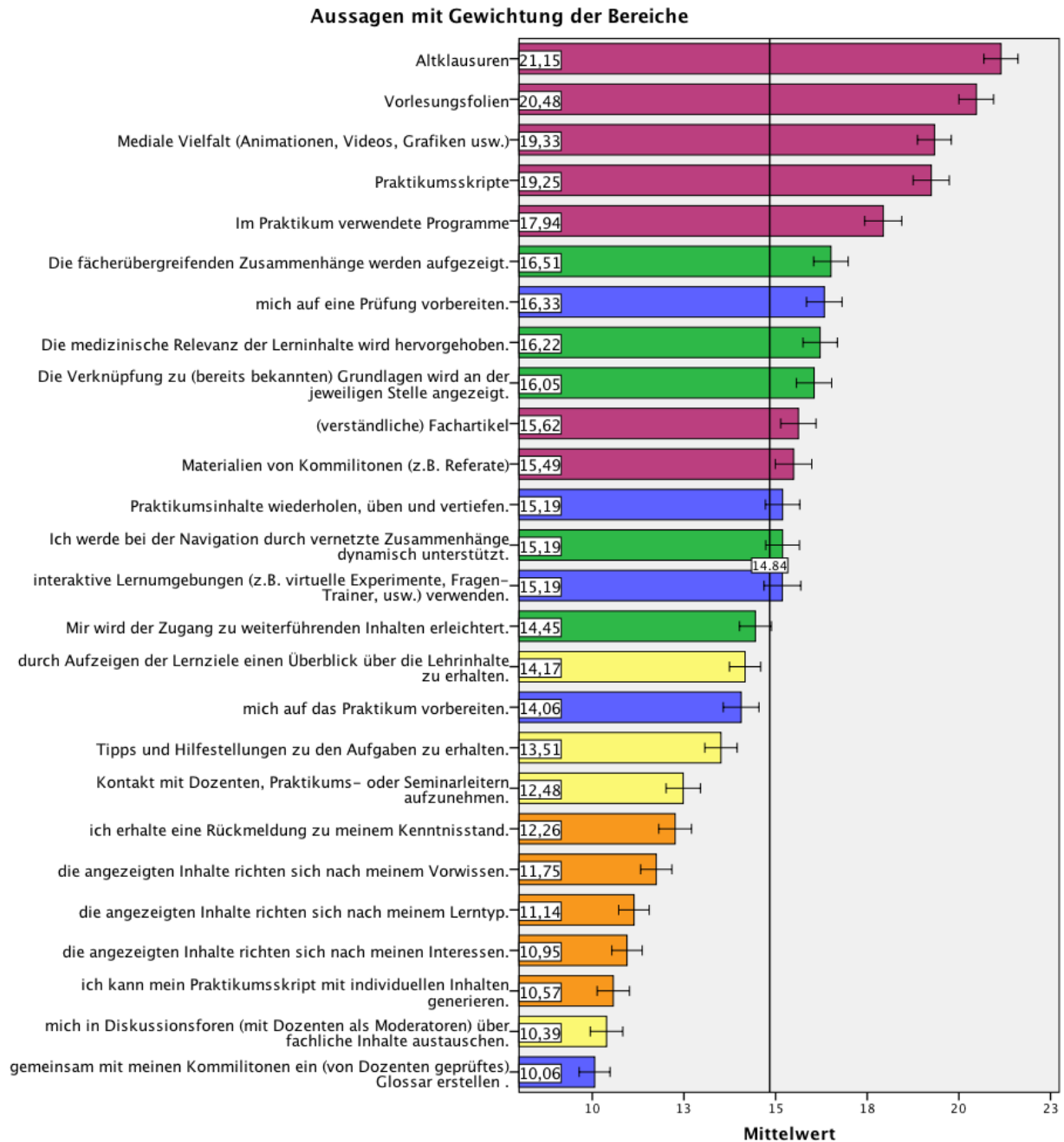


Abbildung 2.2: Mittelwerte der Bewertungen der Aussagen (mit zweiseitigem Standardfehler) unter Berücksichtigung der Gewichtung der Bereiche. 1 = unwichtig, 25 = sehr wichtig

2.5 Anforderungen an eine webbasierte Lernumgebung

Viele der diskutierten Anforderungen, die hypermediales Lernen an eine webbasierte Lernumgebung stellt, werden durch das LMS Moodle bereits erfüllt. Unter Berücksichtigung des Wunsches der Studierenden nach einer zentralen Plattform, wird das in dieser Arbeit entwickelte hypermediale Lernangebot auf der *LMUdle*-Lernplattform aufbauen. Abbildung 2.3 zeigt, welche der geforderten Eigenschaften von der Moodle Standarddistribution bereits erfüllt werden, welche Aufgaben *LMUdle* übernimmt und welche Erweiterungen im Rahmen dieser Arbeit entwickelt werden.

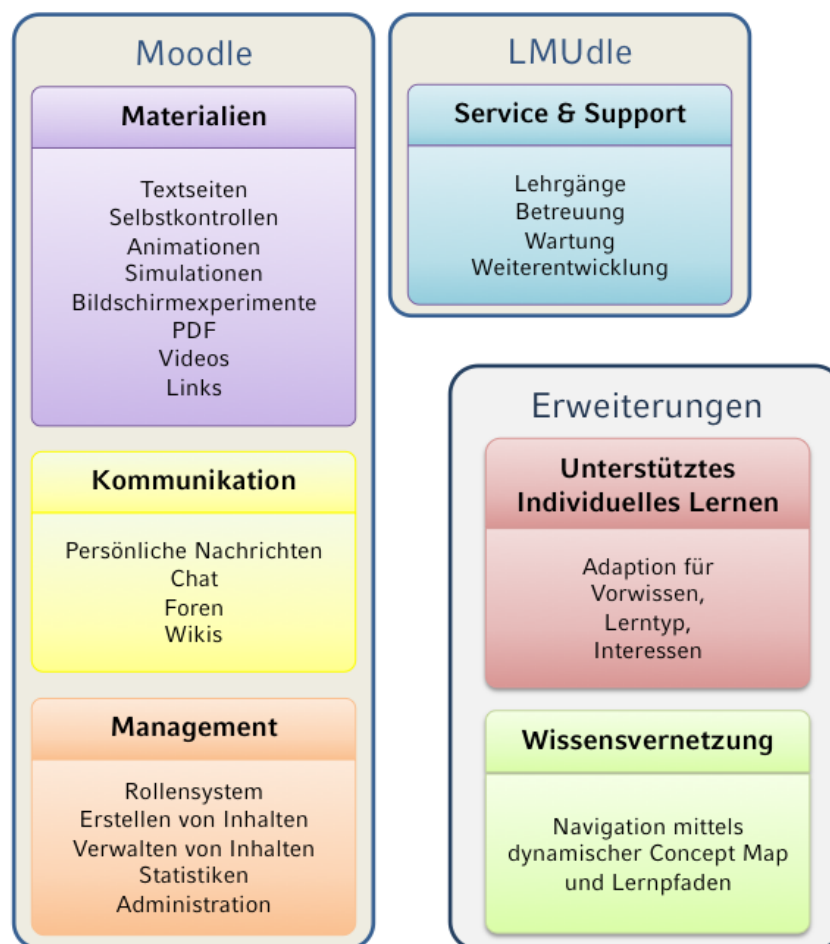


Abbildung 2.3: Übersicht der Anforderungen an eine hypermediale Lernumgebung. Materialien, Kommunikation und Management wird von der Standarddistribution von Moodle bereits erfüllt. Die *LMUdle*-Lernplattform der medizinischen Fakultät der LMU bietet Service und Support. Die Erweiterungen werden im Rahmen dieser Arbeit entwickelt.

2.5.1 Adaptivität

Mit Hilfe eines adaptiven Systems wird der Lerner bei der Navigation durch die hypermedialen Inhalte unterstützt. Dazu werden zwei Techniken verwendet: *direct guidance* und *link annotation*. Bei *direct guidance* gelangt der Lernende durch das Klicken eines „Weiter“- bzw. „Zurück“-Buttons zum jeweils für ihn am besten geeigneten Lernobjekt. *Link annotation* steht für das Kennzeichnen von Links, so dass der Lerner erkennen kann, welches Lernobjekt ihm vom System empfohlen wird. Es werden beide Techniken gewählt, um den Studierenden die Kontrolle über die eigene Navigationsentscheidung nicht vorzuenthalten und gleichzeitig leistungsschwächeren Lernern eine „betreute Tour“ durch die Lernumgebung anzubieten. Eine weitere Anforderung ist, dass die Adaption auch mit unvollständigen Angaben zu Benutzern und Lernobjekten arbeiten kann, da in der Lehr- und Lernpraxis nicht immer mit kompletten Datensätzen zu rechnen ist.

2.5.2 Wissensvernetzung

Wissen lässt sich anschaulich durch propositionale Netzwerke darstellen, wie z. B. Begriffsnetze, Concept Maps oder Mind Maps. Dabei stellen die Knoten des Netzes einzelne Wissensselemente dar, während die Verbindungen der Knoten für ihre Beziehungen zueinander stehen [9]. In diesem Zusammenhang wird Lernen als Integration neuer Knoten in das Netzwerk bzw. das Bilden neuer Verbindungen zwischen Knoten verstanden. Die Verwendung von Concept Maps als Navigationshilfe in hypermedialen Lernumgebungen fördert auch die Fähigkeit das Gelernte strukturiert wiederzugeben, wie z. B. Puntambekar et al. [30] zeigen konnten.

Um die horizontale und vertikale Vernetzung der (auch fächerübergreifenden) Praktikumsinhalte zu unterstützen, wird eine Erweiterung entwickelt, welche die kursübergreifende Navigation mittels dynamisch generierter Concept Maps innerhalb der gesamten Moodle-Plattform ermöglicht. Zusätzlich bietet die Erweiterung die Möglichkeit der Navigation entlang festgelegter Lernpfade.

2.6 Forschungsfragen

1. Steigert die Verwendung einer hypermedialen Lernumgebung den Wissenszuwachs der Studierenden?
2. Welchen Einfluss hat die Navigation innerhalb der hypermedialen Lernumgebung auf fächerübergreifendes Lernen?
3. Welche Art von hypermedialen Lernobjekten wird von den Studierenden bevorzugt?
4. Gibt es einen Zusammenhang zwischen der aufgewendeten Zeit für das Selbststudium, dem Wissenszuwachs und der Nutzung einer hypermedialen Lernumgebung?

5. Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem fachspezifischen Wissen von Studierenden und ihrer Fähigkeit dies fächerübergreifend anzuwenden?
6. Entspricht die entwickelte hypermediale Lernumgebung den Bedürfnissen der Studierenden?

Kapitel 3

Entwicklung einer webbasierten Lernumgebung

3.1 Technische Entwicklung

3.1.1 Moodle allgemein

Anforderungen & Installation

Die aktuelle Moodle-Anwendung der medizinischen Fakultät der LMU (*LMUdle*) entspricht der Version 2.2.1, veröffentlicht am 9. Januar 2012. Moodle wird als Web-Anwendung auf einem Webserver installiert, der aktuell PHP 5.3.2 und eines der Datenbanksysteme MySQL 5.0.25 oder PostgreSQL 8.3 oder MSSQL 2005 oder Oracle 10.2 unterstützen muss.

Moodle ist in der Programmiersprache PHP [31] geschrieben. Anfragen des Benutzers werden in der Regel über dessen Browser an den Server gesendet. Dieser führt daraufhin ein PHP-Skript aus und gibt als Ergebnis eine html-Seite an den Benutzer zurück. Auf diese Weise können dynamische Webseiten erstellt werden, solange der Webserver PHP-Skripte ausführen kann.

Bei MySQL [32], PostgreSQL [33], MSSQL [34] und Oracle [35] handelt es sich um Datenbanksysteme, in denen serverseitig die Daten der Moodle-Anwendung gespeichert werden. Mithilfe von PHP können die Datenbanken abgefragt bzw. Daten in ihnen abgelegt werden.

Mit der Verwendung von JavaScript [36], einer Programmiersprache, die von modernen Browsern interpretiert und ausgeführt werden kann, lassen sich html-Seiten in Echtzeit manipulieren. Damit ergeben sich Möglichkeiten, die Benutzerfreundlichkeit einer Internetseite zu steigern sowie aufwändigere dynamische Interaktionen zu ermöglichen. Da die Skripte lokal im Browser ausgeführt werden, verringert dieses Vorgehen die Rechenlast des Webserver. JavaScript ist keine notwendige Bedingung für den Betrieb von Moodle, vereinfacht die Benutzung aber an vielen Stellen der Plattform erheblich, z. B. bei der Texterstellung und -formatierung oder im Navigationsmenü.

Aufbau

Eine Moodle-Plattform ist in Kursen strukturiert, diese Kurse enthalten Lernobjekte. Auf der in Abbildung 3.1 dargestellten Übersicht sind die Kurse für das dritte Semester zu finden. Sie werden als Seiteninhalt in der Mitte dargestellt, während an den Seitenrändern sog. Blöcke zu finden sind. Diese Blöcke stehen in Moodle für die verschiedensten Aufgaben zur Verfügung und können beliebig ein- und ausgeblendet bzw. angeordnet werden. In diesem Fall sind ein Navigationsblock, ein Kalenderblock sowie ein Informationsblock für neue Aktivitäten zu sehen.

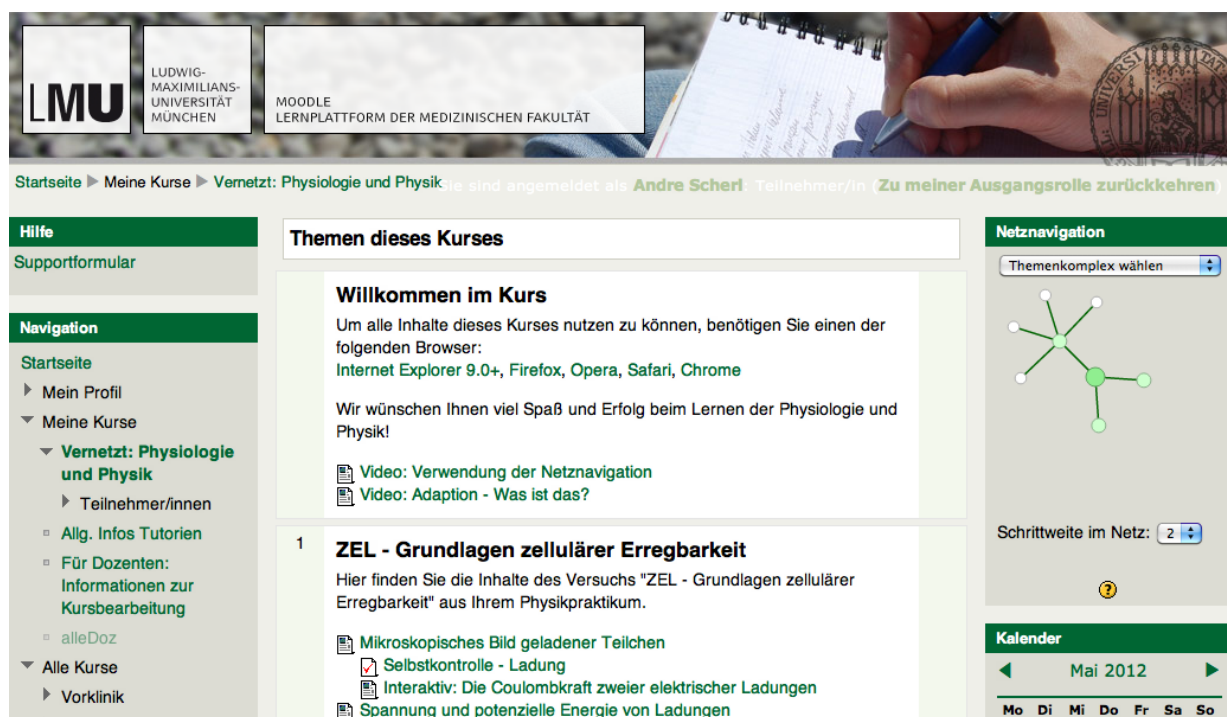
Wählt man einen Kurs, so gelangt man in dessen Kursübersicht, wie sie in Abbildung 3.2

The screenshot displays the Moodle interface for the LMU (Ludwig-Maximilians-Universität München). At the top, there's a header with the LMU logo and a message: "Sie sind nicht angemeldet (Login)". Below this is a horizontal navigation bar with the path: "Startseite > Alle Kurse > Vorklinik > 3. Semester". The main content area, titled "Alle Kurse", lists various courses for the 3rd semester, including "Allgemeine Informationen des 3. Semesters", "Integrierte Seminare Biochemie", "Seminar Biochemie II", "Seminar mit klinischem Bezug Biochemie", "Vorlesung Biochemie II", "Neurophysiologie 1 - Vorlesung", "Neurophysiologie 2 - Seminare", "Neurophysiologie 3 - Praktikum", "Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik", "(Kein Inhalt!) Praktikum der Physik für Mediziner I", "(Kein Inhalt!) Vorlesung: Physik für Mediziner", and "(Kein Inhalt!) Vorlesung - Vegetative Physiologie I". The left sidebar contains a "Navigation" block with links to "Startseite", "Neu hier? Alle Infos zu moodle", "Hilfe und Support", "Aktuelles", and "Alle Kurse", with "3. Semester" expanded to show sub-links like "Allg. Infos VK3", "Integr. Seminare Biochemie", "Seminar Biochemie II", and "Seminar klin. Bezug Biochemie". The right sidebar features a "Kalender" block for May 2012 and a "Neue Aktivitäten" block showing the last activity on May 5, 2012.

Abbildung 3.1: Übersicht der Kurse des dritten Semesters auf der *LMU*dle Moodle-Plattform. Der Seiteninhalt in der Mitte besteht aus einer Liste von Links zu den Kursen, während an den Seitenrändern sog. Blöcke für verschiedene Aufgaben zu finden sind, z. B. Navigation oder Kalender. Oben erkennt man eine horizontale Navigationsleiste sowie ein Textfeld zur Kurssuche.

dargestellt ist. Sie enthält eine Liste aller Lernobjekte des Kurses, welche in Arbeitsmaterialien und Aktivitäten eingeteilt werden. Arbeitsmaterialien sind z. B. Dateien, Textseiten, Links und Verzeichnisse. Unter Aktivitäten werden interaktive Inhalte wie Tests, Lektionen, Lernpakete, Wikis, Foren, Chats, Datenbanken, Feedback-Formulare usw. verstanden. Durch einen Klick auf den Link wird das entsprechende Lernobjekt aufgerufen.

Eine Moodle-Plattform enthält auch einen Administrationsbereich, der globale Einstel-



The screenshot displays a Moodle course interface. At the top, there's a header with the LMU logo, the university name 'LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN', and the Moodle logo with the text 'MOODLE LERNPLATTFORM DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT'. Below the header, a navigation bar shows the user is logged in as 'Andre Scherl' and provides a link to return to the role. The main content area is titled 'Themen dieses Kurses' and contains a 'Willkommen im Kurs' section with instructions on browser requirements and a list of learning objects. On the left, a 'Hilfe' block contains a 'Supportformular' link, and a 'Navigation' block lists various course links. On the right, a 'Netznavigation' block shows a network diagram and a 'Kalender' block displays the month of May 2012.

Hilfe
Supportformular

Navigation
Startseite
Mein Profil
Meine Kurse
Vernetzt: Physiologie und Physik
Teilnehmer/innen
Allg. Infos Tutorien
Für Dozenten: Informationen zur Kursbearbeitung
alleDoz
Alle Kurse
Vorklinik

Themen dieses Kurses

Willkommen im Kurs
Um alle Inhalte dieses Kurses nutzen zu können, benötigen Sie einen der folgenden Browser:
Internet Explorer 9.0+, Firefox, Opera, Safari, Chrome
Wir wünschen Ihnen viel Spaß und Erfolg beim Lernen der Physiologie und Physik!
Video: Verwendung der Netznavigation
Video: Adaption - Was ist das?

1 **ZEL - Grundlagen zellulärer Erregbarkeit**
Hier finden Sie die Inhalte des Versuchs "ZEL - Grundlagen zellulärer Erregbarkeit" aus Ihrem Physikpraktikum.
Mikroskopisches Bild geladener Teilchen
Selbstkontrolle - Ladung
Interaktiv: Die Coulombkraft zweier elektrischer Ladungen
Spannung und potenzielle Energie von Ladungen

Netznavigation
Themenkomplex wählen
Schrittweite im Netz: 2
Kalender
Mai 2012
Mo Di Mi Do Fr Sa So

Abbildung 3.2: Eine Kursübersicht in Moodle. In der Mitte sind die Lernobjekte aufgelistet. An den Seiten sind Navigationsblöcke zu finden.

lungen der Plattform ermöglicht. Hierzu gehört insbesondere das Rollensystem, über das die verschiedenen Benutzer je nach Gruppenzugehörigkeit (z. B. Dozent oder Teilnehmer) unterschiedliche Rechte erhalten. Diese Rechte können auch individuell zugewiesen werden. Darüber hinaus lassen sich über den Administrationsbereich zusätzliche Erweiterungen installieren, das Erscheinungsbild beeinflussen sowie viele Konfigurationseinstellungen der Moodle-Plattform festlegen.

Funktionsweise

Die Datenbank einer Standarddistribution von Moodle umfasst ca. 200 Tabellen, welche miteinander verknüpft sind [37]. Für jedes Modul (Arbeitsmaterial, Aktivität, Block usw.), das Daten speichert, sind in der Datenbank entsprechende Tabellen vorhanden. Auch die Kernkomponenten, wie z. B. die Systemkonfiguration oder das Benutzermanagement, legen ihre Daten in diesen Tabellen ab. Zu jedem Seitenaufbau innerhalb einer Moodle-Plattform gehören deswegen in der Regel einige Datenbankabfragen, mit deren Rückgabewerten die Seite auf dem Server generiert und als html-Seite an den Benutzer übertragen wird.

Manche Module benötigen die regelmäßige Ausführung bestimmter Aufgaben, wie z.B. das Versenden von neuen Forumsbeiträgen via E-Mail oder das Bereinigen von nicht benötigten Einträgen in Datenbanktabellen. Für diese Aufgaben wird der sog. Cron-Job verwendet [38]. Dabei handelt es sich um ein PHP-Skript, welches im Idealfall automatisiert ausgeführt wird. Für jedes Modul können dem Cron-Job bestimmte Aufgaben hinzugefügt werden, so dass deren regelmäßige Ausführung sichergestellt wird.

Erweiterungen

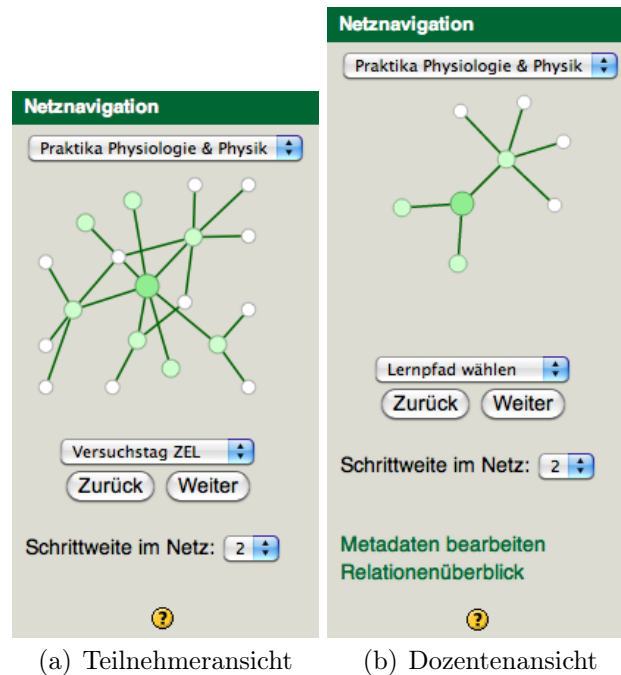
Auf der Internetseite von Moodle sind viele Erweiterungen zum Download [39] verfügbar. Eine Erweiterung besteht grundsätzlich aus einem Verzeichnis mit einigen PHP-Dateien, welches an die entsprechende Stelle auf dem Webserver kopiert wird. Moodle installiert Erweiterungen automatisch, sobald sich ein Administrator beim System anmeldet. Im Administrationsbereich können diese Erweiterungen konfiguriert werden. Für die Entwicklung eigener Erweiterungen gibt es Hinweise und Richtlinien [40], so dass gewisse Standards erfüllt werden können.

3.1.2 Netznavigation als Erweiterung

Um eine themenorientierte und kursübergreifende Navigation in Moodle zu ermöglichen, wurde die Netznavigation als Block entwickelt, da die Standarddistribution diese Möglichkeit nicht bietet. Blöcke lassen sich auf jeder Moodle-Seite einblenden, so dass die Netznavigation für den Benutzer jederzeit erreichbar ist (vgl. Abb. 3.2).

Aufbau

Der Block „Netznavigation“ ist in Abbildung 3.3 jeweils so dargestellt, wie er für Teilnehmer eines Kurses bzw. die Dozenten angezeigt wird. Ganz oben findet sich das Element zur



(a) Teilnehmeransicht

(b) Dozentenansicht

Abbildung 3.3: Der Block „Netznavigation“ für Teilnehmer und Dozenten. Er beinhaltet eine kleine Version der Concept Map, darüber ein Element zur Auswahl eines Themenbündels und darunter die Lernpfad-Navigation. Diese besteht aus einem Auswahlelement für Lernpfade und den Buttons zur Vorwärts- und Rückwärtsnavigation. Unter der Pfadnavigation ist die Schrittweite im Netz einstellbar. In der Dozentenansicht lässt sich außerdem ein Formular zur Bearbeitung der Metadaten der Lernobjekte und ein Überblick der semantischen Relationen einblenden.

Auswahl eines Themenbündels, in diesem Fall ist „Praktika Physiologie & Physik“ ausgewählt. Es folgt eine Miniaturversion der aktuellen Concept Map zur Navigation (vgl. 3.4), welche durch einen Klick auf das Mininetz aufgerufen und in voller Größe (bildschirmfüllend) eingeblendet wird. Mit der „Schrittweite im Netz“ lässt sich die maximale Distanz der Knoten vom zentralen Knoten bestimmen. Ist die Schrittweite beispielsweise auf zwei festgelegt, so werden nur die nächsten und übernächsten Nachbarn des zentralen Knoten dargestellt. Der Block beinhaltet darüber hinaus Elemente für die Navigation entlang festgelegter Lernpfade, welche durch das Element unterhalb des Miniaturetnetzes ausgewählt werden können. Hat sich der Benutzer für einen Pfad entschieden, so kann er mit der „Weiter“- und „Zurück“-Taste entlang dieses Pfades durch das Wissensnetz navigieren. Diese „geführte“ Navigation eignet sich besonders für sequentielle Lerner oder weniger leistungsstarke Teilnehmer [41, 42, 43]. In der Dozentenansicht lässt sich außerdem ein Formular zum Bearbeiten der Metadaten der Lernobjekte sowie ein Überblick über deren semantische Relationen aufrufen.

Abbildung 3.4 zeigt einen Auszug des hypermedialen Wissensnetzes des Themenbün-

dels. Jeder Knoten des Netzes steht für ein Lernobjekt, der zentrale Knoten markiert die aktuelle Position. Dieses Netz wird beim Aufrufen dynamisch generiert und kann zur Navigation in Moodle verwendet werden, indem man auf den Knoten für das jeweilige Lernobjekt klickt. Die Verbindungslinien im Navigationsnetz stehen für die semantischen Relationen zwischen den Lernobjekten. Sie werden im Netz nicht näher beschrieben, um der Möglichkeit einer kognitiven Überforderung entgegenzuwirken. Lernpfade sind durch farbige Verbindungslinien im Netz wiederzufinden. Eine Legende (oben rechts) enthält die farbliche Zuordnung der Lernpfade.

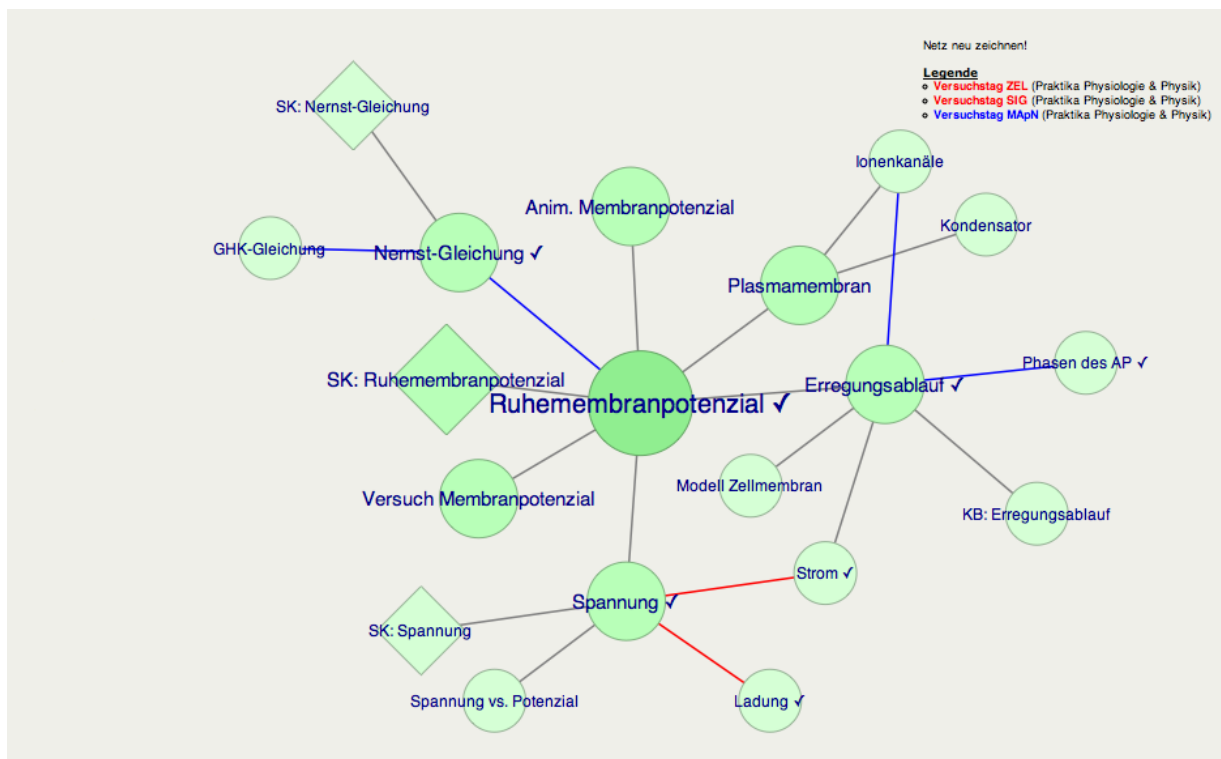


Abbildung 3.4: Navigationsnetz. Jeder Knoten im Netz steht für ein Lernobjekt, jede Verbindungslinie für eine semantische Relation. Lernpfade sind durch farbige Verbindungslinien zu erkennen. Die Legende enthält die Farbzuzuordnung der Lernpfade sowie ihre kurze Beschreibung. Ein Häkchen hinter den Beschriftungen der Knoten deutet an, dass das zugehörige Lernobjekt bereits besucht wurde. Über der Legende befindet sich ein Link zum erneuten Zeichnen des Netzes.

Dozenten oder andere Benutzer mit den Rechten Kurse zu erstellen bzw. zu bearbeiten, können das in Abbildung 3.5 dargestellte Formular aufrufen, um die Metadaten der Lernobjekte zu bearbeiten. Für die Concept Map ist es wichtig, dass wenigstens die semantischen Relationen eingegeben werden, da sonst kein Netz gezeichnet werden kann. Alle anderen Informationen sind für die Netznavigation nicht notwendig, sind aber die Grundlage für

eine präzise Adaption (vgl. 3.1.3).

Um Einstellungen des Navigationsnetzes vorzunehmen, wird die Konfigurationsseite des Blocks aufgerufen. Wie aus Abbildung 3.6 ersichtlich, können hier die Themenbündel festgelegt und Lernpfade erstellt werden. Darüber hinaus lassen sich Voreinstellungen für das Navigationsnetz bestimmen, wie die Schrittweite im Netz und ob das Netz animiert werden soll. Ebenso können Einstellungen der Adaptionserweiterung festgelegt werden, wie das Dazulernen des adaptiven Systems („Fälle sammeln“) und die Aktivierung der Adaption. Dafür muss die Adaptionserweiterung installiert sein.

Datenmanagement

Die Auswahl der Metadaten beruht auf dem von Hodgins, Duval und ihrer Arbeitsgruppe entwickelten Standards für Metadaten von Lernobjekten (LOM) [44]. Der dort aufgeführte Katalog ist sehr umfangreich, so dass nur die Daten berücksichtigt wurden, die für die entwickelten Erweiterungen von Bedeutung sind oder von denen zu erwarten ist, dass sie von Bedeutung sein werden.

Für die Metadaten und die semantischen Relationen wurde der Datenbank von Moodle jeweils eine weitere Tabelle hinzugefügt und mit der bestehenden Tabellenstruktur verknüpft. Zusätzlich wurde für die Themenbündel, deren enthaltende Kurse, die Lernpfade, das letztbesuchte Lernobjekt und die Einstellungen der Netznavigation jeweils eine Tabelle in die Datenbank integriert (vgl. Anhang C).

Visualisierung

Die dynamische Visualisierung des semantischen Wissensnetzes in Form einer Concept Map wurde mithilfe des JavaScript-Frameworks Protovis [45] der Stanford Visualization Group verwirklicht. Damit ist es möglich ein sogenanntes Forced-Directed Layout zu erstellen. Bei diesem Ansatz zur Visualisierung von Netzwerken wird mit physikalischen Simulationen gearbeitet [46]. Jeder Knoten wird als gleichnamig elektrisch geladener Massenpunkt interpretiert und jede Verbindungslinie stellt eine (Spiral-)Feder dar. Das heißt, die Knoten stoßen sich aufgrund der Ladung voneinander ab, werden aber gleichzeitig durch die Federn zusammengehalten. Über kurz oder lang wird sich der Zustand der minimalen potenziellen Gesamtenergie (= Summe aller elektrischen und mechanischen Energien im System) einstellen und das Netzwerk nimmt seine endgültige Form an. Durch die Berücksichtigung weiterer Größen, wie z. B. Reibung oder Temperatur lassen sich diese Simulationen weiter verfeinern.

3.1.3 Adaptivität als Erweiterung

Mithilfe einer adaptiven Navigationsunterstützung wird dem Lerner geholfen sich in der hypermedialen Umgebung zu orientieren. Seine individuellen Eigenschaften, wie Vorwissen und Lerntyp, stellen die Grundlage für die Bewertung und Auswahl der für ihn am besten

Titel	Mikroskopisches Bild geladener Teilchen
Kurzer Titel	Ladung
Beschreibung	Beschreibung
Schlüsselbegriffe	Schlüsselbegriffe
Lernziele	Lernziele aus www.lernziele.net einbinden.
Taxonomie	z.B. Physik:Optik:Instrumente:Lupe
Semantische Relationen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Spannung und potenzielle Energie von Ladungen baut auf Mikroskopisches Bild geladener Teilchen [Entfernen] ◦ Selbstkontrolle - Ladung prüft den Lernstoff zu Mikroskopisches Bild geladener Teilchen [Entfernen] ◦ Interaktiv: Die Coulombkraft zweier elektrischer Ladungen ist Anwendung zu Mikroskopisches Bild geladener Teilchen [Entfernen] <div>Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik : Mikroskopisches Bild geladener Teilche</div> <div>Bitte Relation wählen.</div> <div>Bitte Lernaktivität wählen.</div> <div>Hinzufügen</div>
Schwierigkeitsgrad	Bitte wählen.
Sprachlicher Anspruch	Bitte wählen.
Mathematisch logischer Anspruch	Bitte wählen.
Bearbeitungsmodus	Bitte wählen.
Inhalt	Bitte wählen.
Vorgehensweise	Bitte wählen.
Aufbau	Bitte wählen.
Präsentation	Bitte wählen.
Interaktivitätstyp	Bitte wählen.
Geschätzte Bearbeitungsdauer (in min.)	Geschätzte Bearbeitungsdauer (in min.)
Katalognr. (ISSN, ISBN,...)	Katalognr. (ISSN, ISBN,...)
<div>Abbrechen</div> <div>Speichern und Schließen</div> <div>Speichern</div>	

Impressum - Datenschutz - Kontakt

Abbildung 3.5: Formular zur Bearbeitung der Metadaten der Lernobjekte. Die semantischen Relationen sind notwendig, um ein Navigationsnetz generieren zu können.

Block 'Netznavigation' konfigurieren

Einstellungen des semantischen Netzes

Schrittweite Lerneradaption ☐ Fälle sammeln ☐ Netz animieren ☒

Einstellungen der Kurs-Bündel

Kurs enthalten in folgenden Bündeln

- **Praktika Physiologie & Physik** [\[Entfernen\]](#)

Beschreibung

Die Praktika der Physiologie und Physik werden inhaltlich vernetzt.

Enthaltene Kurse

- Physikpraktikum für Humanmediziner
- Physiologiepraktikum

Kurs dem folgenden Bündel hinzufügen

Bündelüberblick

Einstellungen für Lernpfade

Bündel

Name des Lernpfades [\[Entfernen\]](#)

- Lernpfad
1. Physikpraktikum für Humanmediziner: Mikroskopisches Bild geladener Teilchen [\[Entfernen\]](#)
 2. Physikpraktikum für Humanmediziner: Spannung und potenzielle Energie von Ladungen [\[Entfernen\]](#)
 3. Physikpraktikum für Humanmediziner: Elektrischer Strom und Leitungsmechanismen [\[Entfernen\]](#)
 4. Physikpraktikum für Humanmediziner: Elektrischer Widerstand [\[Entfernen\]](#)
 5. Physikpraktikum für Humanmediziner: Aufbau eines Stromkreises, Messung von Spannung, Strom und Widerstand [\[Entfernen\]](#)
 6. Physikpraktikum für Humanmediziner: Die Kirchhoff'schen Gesetze [\[Entfernen\]](#)
 7. Physikpraktikum für Humanmediziner: Spannungsabhängigkeit von Ionenkanälen [\[Entfernen\]](#)

Abbildung 3.6: Konfigurationsseite des Blocks “Netznavigation”. Es lassen sich Einstellungen des Navigationsnetzes vornehmen sowie Kurs-Bündel und Lernpfade erstellen und verwalten.

geeignetsten Lernobjekte dar. Speziell für Moodle 1.9 wurde die Erweiterung iLMS (intelligentes Learning-Management-System) [47, 48] entwickelt. iLMS wurde als Grundlage für die Entwicklung der adaptiven Navigationsunterstützung in dieser Arbeit verwendet.

Aufbau

Die Adaption benötigt zwei Komponenten: die erste ist der Block „Persönliche Lerneigenschaften (user preferences)“, welcher den Lernenden zugänglich ist und ihr individuelles Benutzermodell enthält. Über diesen Block gelangen die Teilnehmer zu dem in Abbildung 3.7 dargestellten Formular, in welchem sich die individuellen Lerneigenschaften bearbeiten lassen. Die zweite Komponente ist der Block „Lerneradaption (case repository)“, welcher zur Administration der Adaption verwendet wird und nur für Administratoren erreichbar ist. Er enthält eine Falldatenbank (s. u.), die das Fundament des hier verwendeten Adaptionsverfahrens darstellt.

Funktionsweise

Während der Benutzer sich auf der Moodle-Plattform bewegt, werden sein Verhalten und seine Testergebnisse aufgezeichnet, darüber hinaus enthält das vorhandene Benutzermodell weitere seiner Eigenschaften. Auch über die Lernobjekte enthält das System Informationen in Form von Metadaten. Aufgabe der Adaption ist es, aufgrund dieser Gegebenheiten das Lernobjekt für den Lerner zu finden, welches in seiner aktuellen Lernsituation den größten Erfolg verspricht. In welcher Form dem Benutzer das Ergebnis dieser Suche präsentiert wird, hängt von der verwendeten Benutzeroberfläche und den Gestaltungsprinzipien ab. Üblich ist z. B. ein direkter Link zum ermittelten Lernobjekt (direct guidance) oder die Kennzeichnung von geeigneten Links (link annotation). Zahlreiche weitere Möglichkeiten werden von Brusilovsky [41] diskutiert.

Der Adaptionsprozess von iLMS, und damit dieser Erweiterung, arbeitet nach dem Prinzip des fallbasierten Schließens [49]. In diesem Sinne wird jede Navigationsentscheidung eines Benutzers als Problem angesehen, für das ein neuer Fall angelegt wird. Dieser Fall enthält die Bedingungen: Eigenschaften des Lerners, seine besuchten Lernobjekte, die Eigenschaften der Lernobjekte und die aktuelle Position im Wissensnetz. Es folgen vier Stufen:

1. **Retrieve** In der Fallbasis, einer Sammlung älterer Fälle, wird nach einem ähnlichen Fall gesucht. Dabei wird für alle Fälle ein Übereinstimmungswert mit dem aktuellen Fall berechnet.
2. **Reuse** Wird von einem Fall eine ausreichende Ähnlichkeit erzielt, so wird seine Lösung auf den neuen Fall angewendet oder eine korrigierte Lösung auf Grundlage beider Fälle entworfen.
3. **Revise** Eine korrigierte Lösung wird auf mögliche Gegenbeispiele aus der Fallbasis geprüft. Hält die Lösung dieser Probe nicht Stand, so muss nach einer anderen Lösung (einem anderen Fall) gesucht werden. Wird die Lösung dagegen als nützlich bewertet, wird sie auf den aktuellen Fall angewendet.

Kursteilnehmer auswählen ?

Benutzer/Lerner: andre (Andre Scherl) Wechseln zu

Anzeige der aktuellen Eigenschaften

Ziele

Es wurden bisher keine Eigenschaften vergeben.

Allgemeine Eigenschaften

Alter: 30.0000000 ? Ändern

Erfahrung: Wissenschaftler ? Ändern

Allgemeinwissen: durchschnittliches Allgemeinwissen ? Ändern

Motivation: begeistert ? Ändern

Computer-Kenntnisse: tiefe Programmierkenntnisse ? Ändern

Interessen

Es wurden bisher keine Eigenschaften vergeben.

Erworbenes Wissen / Leistungsnachweise

Kurspezifische Kenntnisse: Anfänger ? Ändern

Persönliche Präferenzen

Bevorzugte Lerninhalte: bevorzugt visuell ? Ändern

Bevorzugte Herangehensweise: eher induktiv als deduktiv ? Ändern

Wahrnehmung: eher intuitiv ? Ändern

Bevorzugte Sichtweise: beides in gleichem Maß ? Ändern

Denkweise: überwiegend aktiv ? Ändern

Sprachliche Fähigkeiten: durchschnittlich ? Ändern

Mathematisch-logische Fähigkeiten: ausgeprägt ? Ändern

Soziale-kommunikative Intelligenz: durchschnittlich ? Ändern

Persönliche Leistungs-/Sprachnachweise, Ziele und Interessen hinzufügen ?

Attribut: Gesprochene Sprache ?

Sprache: ?

Wert: ?

Hinzufügen

Abbildung 3.7: Formular zur Bearbeitung der persönlichen Lerneigenschaften. Erreichbar über den Block „Persönliche Lerneigenschaften“.

4. **Retain** Die gefundene Lösung wird bei ausreichender Relevanz, d. h. hoher Anwendbarkeit, in der Fallbasis gespeichert und dient sodann der Lösung zukünftiger Probleme. Auf diese Weise lernt das System dazu.

Die Schritte 1-3 werden während der Interaktion des Benutzers mit Moodle ausgeführt. Der vierte Schritt ist über den Cron-Job von Moodle verwirklicht, d. h. er wird asynchron zu einem späteren Zeitpunkt ausgeführt. Dieses Vorgehen ist sinnvoll, um die Rechenlast im Moment der Interaktion zu reduzieren. Die neuen Fälle werden bis zur Ausführung des Cron-Jobs in einer Tabelle gespeichert, um dann bewertet und in die Fallbasis übernommen bzw. verworfen zu werden. Alte Fälle der Fallbasis können auch durch neue Fälle ersetzt werden, wenn diese eine höhere Bewertung erreichen.

Für die Navigationsentscheidung bedeutet dies, dass nach einem bekannten Fall gesucht wird, bei dem ein Lerner unter ähnlichen Voraussetzungen (Vorwissen, besuchte Lernobjekte, Lerntyp usw.) eine erfolgreiche Navigationsentscheidung getroffen hat. Diese Entscheidung wird entweder direkt für das aktuelle Navigationsproblem verwendet oder nach einer Anpassung und Prüfung als Lösung übernommen.

Fallbasiertes Schließen mithilfe von Analogien ist also kein fehlerfreies Verfahren, insbesondere bei einer kleinen Anzahl an Referenzfällen bzw. unpassenden Fällen in der Fallbasis. Allerdings wird die Fallbasis mit der Zeit umfangreicher und die Fälle werden repräsentativer, so dass die Genauigkeit zunehmen kann. Durch umfassendere Angaben zu Lernobjekt und Benutzermodell, also einer präziseren Problembeschreibung, kann die Genauigkeit ebenfalls erhöht werden.

Ein wesentlicher Vorteil des Verfahrens ist, dass es auch mit unvollständigen Angaben zu Nutzern und Lernobjekten arbeiten kann. Da Moodle eine Plattform ist, deren Inhalte von einer Vielzahl an Dozenten und anderen Benutzern mit entsprechenden Rechten erstellt und bearbeitet werden, kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle Metadaten zu den Lernobjekten immer vollständig angegeben sind. Ebenso verhält es sich mit den Angaben der Lerner für ihr Benutzermodell. Fallbasiertes Schließen wird dadurch zwar in seiner Genauigkeit beeinflusst, die Funktion bleibt jedoch erhalten.

Integration in Netznavigation

Um die Vorteile der Adaption auch in der Netznavigation verwenden zu können, wurde die Netznavigation um Adaptivität erweitert. Dabei nutzt die Netznavigation die Fallbasis und die Lösungsverfahren des Adoptionsblocks. Das Ergebnis eines Navigationsproblems wird zum Einen durch eine Farbkodierung der Knoten im Navigationsnetz (link annotation) dargestellt und zum Anderen über einen adaptiven Lernpfad angeboten (direct guidance), der immer zum nächsten besten Lernobjekt führt. Die Knoten werden in Analogie zu einer Verkehrsampel rot (ungeeignet), gelb (akzeptabel) und grün (empfohlen) eingefärbt, grau werden die Knoten dargestellt, für die nicht ausreichend Informationen vorliegen, um eine Entscheidung zu fällen.

In der Blockkonfiguration der Netznavigation kann die Anzeige der Adaption und das Sammeln der Fälle getrennt voneinander aktiviert werden. Auf diese Weise ist es möglich

zunächst eine ausreichend große Fallbasis aufzubauen und den Benutzern erst Ergebnisse anzubieten, wenn die Adaption eine gewisse Genauigkeit erreicht hat.

Performance

Der Einsatz der Adaption auf der LMUdle-Lernplattform zeigte große Performance-Schwächen beim Durchsuchen der Fallbasis. Bei einer kleinen Anzahl an berücksichtigten Lernobjekten kommt die Adaption noch zu einem Schluss, mit wachsender Fallbasis und steigender Anzahl an Lernobjekten wurde der Adaptionsprozess jedoch durch das Zeitlimit des Servers unterbrochen, bevor ein Ergebnis ermittelt werden konnte. Insbesondere vor dem Hintergrund der Skalierbarkeit war diese Situation inakzeptabel, da die Anzahl an gleichzeitig auf das System zugreifenden Studierenden so nicht mehr bewältigt werden konnte.

Eine mögliche Lösung des Skalierungsproblems ist die Verlagerung der Schritte 1-3 des fallbasierten Schließens vom Server auf die Rechner der Benutzer. Dafür wurden die PHP-Skripte in eine vom Browser unterstützte Sprache (JavaScript) übersetzt. Auch die Organisation der Fälle in einer relationalen Datenbank stellte auf Seiten des Benutzers ein Problem dar, da nicht alle gängigen Browser solche Datenbanken auf gleiche Weise unterstützen. Das Datenmanagement konnte in diesem Fall mittels Web Storage [50] auf eine Methode des lokalen Speicherns von Daten umgestellt werden, die zwar primitiver ist, dafür von allen gängigen Browsern unterstützt wird. Darüber hinaus konnte der Adaptionsprozess durch die Überarbeitung eines Algorithmus zum Vergleich von Lernaktivitäten deutlich beschleunigt werden.

Da die Performanceschwierigkeiten der Adaption erst nach dem Wintersemester 2011/12 behoben wurden, konnten die adaptiven Funktionen der Erweiterung noch nicht (z. B. im Rahmen einer Feldstudien o. ä.) untersucht werden.

3.1.4 Lerntypentest per Erweiterung

Das Benutzermodell der Adaptionserweiterung enthält auch Angaben zum Lerntyp, ebenso können die Lernobjekte über ihre Metadaten diesen Lerntypen zugeordnet werden. Dabei wird das Lerntypenmodell nach Felder und Silverman [51] verwendet, welches ein in Hypermedia-Kontexten häufig vertretenes und etabliertes Modell ist. Es besteht aus den fünf bipolaren Skalen visuell-verbal (bevorzugte Lerninhalte), deduktiv-induktiv (bevorzugte Herangehensweise), beobachtend-intuitiv (Wahrnehmung), global-sequenziell (bevorzugte Sichtweise) und aktiv-reflektiv (Denkweise). Einem Lerner lassen sich für diese Dimensionen individuelle Ausprägungen zuordnen, die sich in der Regel irgendwo zwischen den beiden Enden der jeweiligen Skala bewegen. Die bevorzugten Lerninhalte, die Wahrnehmung, die bevorzugte Sichtweise und die Denkweise lassen sich mit einem von Felder und Soloman entwickelten Test [52] ermitteln. Dieser sog. Index of Learning Styles (ILS) kann eine akzeptable Testgüte vorweisen und hat sich ebenfalls etabliert [53]. Der ILS besteht aus 44 Fragen (11 je Dimension) mit dichotom skalierten Antworten, welche nicht unabhängig voneinander sind, so dass man für die jeweilige Dimension einen Entscheidungsbaum konstruieren kann [54]. Auf diese Weise lässt sich die Ausprägung einer Dimension in vielen

Fällen schon mit weniger als 11 Fragen feststellen und der ILS wird damit benutzerfreundlicher.

Für diese Anwendung wurde die Moodle-Erweiterung „Entscheidungsbaum“ (decision tree) entwickelt, die es ermöglicht Entscheidungsbäume zu erstellen. Mit dieser Erweiterung wurden Lerntypentests in LMUdle integriert, die das Ergebnis im Benutzermodell der Adaption speichern und den Studierenden helfen sich selbst einzuschätzen. Dafür wurde der englischsprachige ILS ins Deutsche übersetzt.

3.1.5 Veröffentlichung der Erweiterungen

Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Erweiterungen sind in einem Paket namens „DASIS“ (dynamisches adressatenspezifisches Informationssystem) zusammengefasst. Der komplette Quellcode von DASIS ist unter der URL <https://github.com/AndreScherl/DASIS> veröffentlicht und als freie Software unter einer GNU General Public License [55] lizenziert.

3.2 Inhaltliche Entwicklung und Anwendung

Die entwickelten Erweiterungen für individuelles und interdisziplinäres Lernen innerhalb der LMUdle-Lernplattform wurden im Rahmen der Praktika in Physiologie und Physik auf ihre Wirksamkeit untersucht. Speziell die Themen Elektrizitätslehre sowie Membranpotenzial, Aktionspotenzial und peripherer Nerv bieten inhaltlich viele Anhaltspunkte für eine fächerübergreifende Vernetzung. Da für diese Inhalte kein hypermediales Lernangebot bestand, wurde dieses in möglichst großer medialer Vielfalt erstellt. Zu diesem Zweck wurde der neue LMUdle-Kurs „Vernetzte Praktika in Physik und Physiologie“ erschaffen und den Studierenden zur Verfügung gestellt.

Der Kurs beinhaltet Selbstkontrollen (MC-Fragen, Rechenaufgaben, Lückentexte, Zuordnungsaufgaben), Animationen, Simulationen, virtuelle Bildschirmexperimente, Text-Seiten, Videos & Podcasts, klinische Anwendungen, Links und PDF-Dokumente. Zu einem Lehrinhalt wurden möglichst verschiedene Lernobjekte angeboten, um unterschiedliche Lernpräferenzen der Studierenden zu berücksichtigen. Außerdem wurden die Inhalte in Abstimmung mit den lehrenden Dozenten erstellt.

In Abbildung 3.8 sind die Möglichkeiten der Navigation im LMUdle-Kurs aufgezeigt. In der Kursübersicht (A) wird eine Liste mit Links zu allen Lernobjekten des Kurses angezeigt, über die sich die Lernobjekte (L) aufrufen lassen. Innerhalb eines Themenbereichs gibt es ein Navigationsmenü (B). Auch Links im Text (E) können verwendet werden. Der Block „Netznavigation“ ist sowohl in der Kursübersicht als auch innerhalb eines Lernobjektes zugänglich, so dass über ihn jederzeit das Navigationsnetz (C) aufgerufen oder entlang von Lernpfaden (D) navigiert werden kann.

Es sei angemerkt, dass die fächerübergreifende Navigation im LMUdle-Kurs auch mit der Kursübersicht möglich ist, weil die Physiologie- und Physikinhalt in einem (Test-)Kurs enthalten sind. Dies wird im Allgemeinen jedoch nicht der Fall sein, so dass für die in-

terdisziplinäre bzw. kursübergreifende Navigation nur die Concept Map oder Lernpfade in Frage kommen.

Hilfe
Supportformular

Navigation
Startseite
▶ Mein Profil
▼ Meine Kurse
▼ Vernetzt: Physiologie und Physik
▶ Teilnehmer/innen
▫ Alg. Infos Tutorien
▫ alleDoz
▼ Alle Kurse
▶ Vorklinik
▶ Intern
▶ Klinik WiSe 11/12

Einstellungen
▼ Kurs-Administration
▶ Fragensammlung
▼ Rolle wechseln...
▶ Zu meiner Ausgangsrolle

Themen dieses Kurses

Willkommen im Kurs
Um alle Inhalte dieses Kurses nutzen zu können, benötigen Sie einen der folgenden Browser:
Internet Explorer 9.0+, Firefox, Opera, Safari, Chrome
Wir wünschen Ihnen viel Spaß und Erfolg beim Lernen der Physiologie und Physik!
Video: Verwendung der Netznavigation
Video: Adaption - Was ist das?

1 ZEL - Grundlagen zellulärer Erregbarkeit
Hier finden Sie die Inhalte des Versuchs "ZEL - Grundlagen zellulärer Erregbarkeit" aus Ihrem Physikpraktikum.
Mikroskopisches Bild geladener Teilchen
Selbstkontrolle - Ladung
Interaktiv: Die Coulombkraft zweier elektrischer Ladungen
Spannung und potenzielle Energie von Ladungen
Begriffsklärung: Elektrisches Potenzial - Elektrische Spannung
Selbstkontrolle - Spannung
Elektrischer Strom und Leitungsmechanismen
Selbstkontrolle - Strom
Animation - Modellvorstellung zum elektrischen Strom
Elektrischer Widerstand

Netznavigation
Praktika Physiologie & Physik
Versuchstag ZEL
Zurück Weiter
Schrittweite im Netz: 2

(a) Übersichtsseite des LMUdle-Kurses

Navigation
Startseite
▶ Mein Profil
▼ Meine Kurse
▼ Vernetzt: Physiologie und Physik
▶ Teilnehmer/innen
▼ Membranpotenzial, Aktionspotenzial und peripherer Nerv (MAPN)
▫ Ruhemembranpotenzial
▫ Animation - Entstehung des Ruhemembranpotenzial
▫ Plasmamembran
▫ Selbstkontrolle - Ruhemembranpotenzial
▫ Intrazelluläre Ableitung
▫ Selbstkontrolle - Intrazelluläre Ableitung
▫ Animation: Voltage-Clamp-Technik
▫ Animation: Patch-Clamp-Technik

Ruhemembranpotenzial

Ein **Ruhemembranpotenzial** lässt sich an allen lebenden Zellen beobachten, z.B. an Muskel- und Nervenzellen. Es bezeichnet die elektrische Potenzialdifferenz zwischen Intra- und Extrazellulärraum. Für seine Entstehung sind zwei Bedingungen erforderlich:

1. Die Konzentration bestimmter Ionen ist innerhalb und außerhalb der Zelle unterschiedlich.
2. Die Zellmembran ist für diese Ionen durchlässig.

Die **Membran** besteht aus einer für Ionen undurchlässigen Doppellipidschicht, in welche ionenspezifische Kanalproteine eingelagert sind. Durch diese sog. **Ionenkanäle** können die spezifischen Ionen die Membran passieren. Die intrazelluläre K^+ -

Netznavigation
Praktika Physiologie & Physik
Versuchstag ZEL
Zurück Weiter
Schrittweite im Netz: 2

Kalender
Juni 2012
Mo Di Mi Do Fr Sa So
4 5 6 7 8 9 10
11 12 13 14 15 16 17
18 19 20 21 22 23 24
25 26 27 28 29 30

(b) Beispiel einer Textseite des LMUdle-Kurses

Abbildung 3.8: Möglichkeiten im LMUdle-Kurs zu navigieren. A: Linkliste der Kursübersicht, B: Navigationsmenü innerhalb eines Themenabschnitts, C: Netznavigation, D: Lernpfad, E: Textlink. Das Lernobjekt (L) ist in diesem Fall eine Textseite.

Kapitel 4

Feldstudie

4.1 Anlage der Studie

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde in zwei aufeinanderfolgenden Jahrgängen jeweils im dritten Semester eine Feldstudie durchgeführt. Die ca. 300 zufällig ausgewählten Studierenden eines Semesters der Humanmedizin der LMU München absolvierten zu diesem Zeitpunkt jeweils ein Praktikum in Neurophysiologie und Physik. Da insbesondere bei der Behandlung der Nervenzelle und der Elektrizitätslehre fächerübergreifende Zusammenhänge vorliegen, boten sich diese Lehrveranstaltungen für eine Untersuchung des interdisziplinären Lernens der Studierenden an. Darüber hinaus wurden diese Praktikums-teile im Vorfeld gezielt aufeinander abgestimmt [1] und stellten somit eine gute Basis für weitere Untersuchungen dar. Die Durchführung von Vor- und Nachtests ermöglichte die Erhebung des individuellen Wissenszuwachses der Praktikums-teilnehmer. Außerdem wurde das Lernverhalten und die Zufriedenheit mit der entwickelten hypermedialen Lernumgebung evaluiert. Das Navigationsverhalten der Teilnehmer des LMUdle-Kurses „Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik“ wurde ebenfalls aufgezeichnet.

4.2 Entwicklung des Tests

Um das Wissen der Teilnehmer, ihr Lernverhalten als auch ihre Bewertung des LMUdle-Kurses zu erheben, wurden Multiple Choice Fragebogen in Papierform (vgl. Anhang A) entwickelt. Diese Fragebogen gliedern sich in die im Folgenden aufgeführten Abschnitte.

Psuedonymisierung Da es mehrere Befragungszeitpunkte gab und die verschiedenen Fragebogen den einzelnen Teilnehmern zugeordnet werden sollten, wobei die Teilnehmer anonym befragt wurden, beginnt jeder Fragebogen mit einer Psuedonymisierung. Diese Angaben lassen keinen Rückschluss auf die Identität des Teilnehmers zu, sind aber in der Kombination nahezu eindeutig und somit ein anonymes Erkennungsmerkmal. Auf diese Weise war es möglich den individuellen Lernzuwachs jedes Teilnehmers zu betrachten.

Lernverhalten In diesem Abschnitt wurde erhoben, wie intensiv die Teilnehmer beim Lernen die verschiedenen Materialien nutzten, Lehrveranstaltungen besuchten und wie viel Zeit sie für das Selbststudium aufwendeten. Hierfür wurden überwiegend fünf-stufige Likert-Skalen verwendet.

Bewertung der LMUdle-Kurses Um die Meinung der Teilnehmer bezüglich der entwickelten Lernumgebung zu erfahren, wurden spezifische Fragen zu den Inhalten und Funktionen des LMUdle-Kurses in den Fragebogen aufgenommen. Auch diese Items wurden mithilfe fünf-stufiger Likert-Skalen beantwortet.

Wissenstest Der Wissenstest diente der Messung des aktuellen Kenntnisstands der Teilnehmer zu den verschiedenen Evaluationszeitpunkten. Um eine Vergleichbarkeit des Tests zu garantieren, wurden zu jedem Zeitpunkt die identischen Fragen gestellt. Diese gliederten sich in die drei Themenbereiche Physik, Physiologie und Transfer. Während in den beiden Fachbereichen Physik und Physiologie Inhalte aus den entsprechenden Lehrveranstaltungen konzeptionell geprüft wurden, waren die Transferfragen als Anwendung physikalischen Wissens auf ein Problem im physiologischen Kontext zu verstehen. Jede Frage des Wissenstests hatte vier Antwortoptionen, von denen genau eine korrekt ist. Außerdem hatten die Teilnehmer bei jeder Frage die Möglichkeit „Ich weiß es nicht.“ anzukreuzen. Auf diese Weise sollten die Teilnehmer davon abgehalten werden, bei Nichtkenntnis der korrekten Antwort zu raten und somit die Werte der Antwortverteilungen zu verfälschen.

4.3 Datenerhebung

4.3.1 Stichprobenauswahl

Insgesamt wurden die folgenden vier Stichproben ausgewählt, von deren Teilnehmern ein Vor- und ein Nachtest vorlag:

1. *WS 2010/11*: Alle Teilnehmer der Erhebung im Wintersemester 2010/11 ($N = 292$)
2. *WS 2011/12*: Alle Teilnehmer der Erhebung im Wintersemester 2011/12 ($N = 320$)
3. *LMUdle*: Alle Teilnehmer der Erhebung im Wintersemester 2011/12 mit mindestens zehn Navigationsschritten im LMUdle-Kurs ($N = 33$)
4. *Traditionell*: Alle Teilnehmer der Erhebung im Wintersemester 2011/12 mit weniger als zehn Navigationsschritten im LMUdle-Kurs ($N = 287$)

Die Vergleichbarkeit der Stichproben bezüglich des Vorwissens wurde anhand der Gesamtpunktzahl im Vortest überprüft (vgl. Tabelle 4.1). Es zeigte sich, dass sich die Stichproben *WS 2010/11* und *WS 2011/12* diesbezüglich sehr signifikant unterschieden ($T_{610} = 3,049$; $p = 0,002 < 0,01$). Dagegen unterschieden sich die Stichproben *LMUdle* und *Traditionell* im Vorwissen nicht ($U = 4841,500$; $p = 0,832 > 0,05$). Die Gruppen *WS*

2010/11 und WS 2011/12 unterschieden sich nicht in der Gesamtpunktzahl des Nachtests ($T_{609,574} = 0,015; p = 0,988 > 0,05$), womit sie für die Testanalyse vergleichbar und geeignet waren.

Stichprobe	M	SD
WS 2010/11	6,48	2,65
WS 2011/12	7,17	2,90
LMUdle	7,30	2,79
Traditionell	7,15	2,91

Tabelle 4.1: Vergleich der Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der verschiedenen Stichproben

4.3.2 Durchführung

Die Datenerhebung mithilfe der Papierfragebogen wurde während des Praktikums in Neuropsychologie durchgeführt. In Tabelle 4.2 ist die zeitliche Abfolge der Versuche und die jeweilige Studienphase angegeben. Das Vorwissen wurde im Versuch „Sehen: Sensorik und Motorik“ (Physiologie) abgefragt. Anschließend folgte die Phase des Wissenserwerbs in den Lehrveranstaltungen „Grundlagen zellulärer Erregbarkeit“ (Physik), „Membranpotenzial, Aktionspotenzial und Peripherer Nerv“ (Physiologie) und „Signale“ (Physik). Im Praktikum „Muskel und Reflexe“ (Physiologie) erfolgte der Nachtest.

Zu Beginn der Praktika, in denen ein Test durchgeführt wurde, fand eine kurze Ansprache (ca. 3 Minuten) zur Studie und zum Fragebogen statt. Es folgte eine Bearbeitungszeit von 15 Minuten, welche mit dem Einsammeln der Fragebogen und abschließenden Bemerkungen (ca. 2 Minuten) endete.

Neben den Daten der Fragebogen wurde auch das Verhalten der Teilnehmer im LMUdle-Kurs protokolliert. In der webbasierten Lernumgebung war ebenfalls eine Pseudonymisierung enthalten, so dass die Fragebogen eines Teilnehmers seinem Navigationsverhalten im LMUdle-Kurs zugeordnet werden konnten.

4.4 Definition der Skalen

Jede Aufgabe des Wissenstests hat genau eine richtige Antwort. Die richtige Beantwortung einer Frage wurde mit einem Punkt bewertet. Für die Gesamtpunktzahl wurden falsch oder nicht beantwortete Frage mit null Punkten bewertet. Diese Bewertung wurde gewählt, da durch die begrenzte Arbeitszeit auch die Anzahl der beantworteten Fragen vom Wissensstand des Teilnehmers abhängig ist. Bei der Fragenanalyse wurden nur gültige Stimmen, d. h. ordentlich ausgefüllte Fragebogen mit eindeutigen Antworten, berücksichtigt.

Vortest	Sehen: Sensorik und Motorik
	↓
	Grundlagen zellulärer Erregbarkeit (ZEL)
Lernen	Membranpotenzial, Aktionspotenzial und Periphrer Nerv (MApN)
	Signale (SIG)
	↓
Nachtest	Muskel und Reflexe

Tabelle 4.2: Zeitliche Abfolge der studienrelevanten Praktikumsversuche.

4.4.1 Vorwissen

Für den Wissensteil im Vortest wurden die folgenden vier Skalen erstellt, wobei die Gesamtpunktzahl sich aus den Teilpunktzahlen der drei disjunkten Subskalen für Physik, Physiologie und Transfer zusammensetzt.

- Die Gesamtpunktzahl $S_{V,Gesamt} \in [0; 18]$ entspricht der Anzahl der korrekt beantworteten Fragen.
- Die Physikpunktzahl $S_{V,Physik} \in [0; 6]$ entspricht der Anzahl der korrekt beantworteten Fragen aus der Physik.
- Die Physiologiepunktzahl $S_{V,Physio} \in [0; 6]$ entspricht der Anzahl der korrekt beantworteten Fragen aus der Physiologie.
- Die Transferpunktzahl $S_{V,Transfer} \in [0; 6]$ entspricht der Anzahl der korrekt beantworteten fächerverbindenden Fragen.

Die Reliabilität [56] der Skala Gesamtpunktzahl ist akzeptabel [57] (Cronbach's $\alpha = 0,608$).

4.4.2 Wissen im Nachtest

Für den Wissensteil des Nachtests wurden die analogen Skalen erstellt wie im Vortest.

- Die Gesamtpunktzahl $S_{N,Gesamt} \in [0; 18]$ entspricht der Anzahl der korrekt beantworteten Fragen.
- Die Physikpunktzahl $S_{N,Physik} \in [0; 6]$ entspricht der Anzahl der korrekt beantworteten Fragen aus der Physik.
- Die Physiologiepunktzahl $S_{N,Physio} \in [0; 6]$ entspricht der Anzahl der korrekt beantworteten Fragen aus der Physiologie.
- Die Transferpunktzahl $S_{N,Transfer} \in [0; 6]$ entspricht der Anzahl der korrekt beantworteten facherverbindenden Fragen.

Die Skala Gesamtpunktzahl im Nachtest weist eine gute Reliabilität auf (Cronbach's $\alpha = 0,710$). Wird die Reliabilität der Skala nur für die Gruppe WS 2011/12 (vgl. Abschnitt 5.1.3) berechnet, ergibt sich ein Wert von Cronbach's $\alpha = 0,730$.

4.5 Fragenanalyse

Für die Analyse der Güte von richtig/falsch-kodierten Fragen eines Multiple Choice Tests im Sinne der klassischen Testtheorie schlagen Ding und Beichner [58] die folgenden Größen und Richtwerte vor, welche in dieser Arbeit berücksichtigt wurden.

Lösungswahrscheinlichkeit Die relative Häufigkeit einer korrekten Antwort.

$$P = \frac{N_1}{N} \in [0,30; 0,90]$$

N_1 : Anzahl der korrekten Antworten einer Frage. N : Anzahl aller Antworten einer Frage.

Item Discrimination Index Beschreibt, wie gut eine Frage leistungsstarke von leistungsschwachen Studenten trennt.

$$D = P_H - P_L \geq 0,30$$

P_H : Lösungswahrscheinlichkeit für die Aufgabe der Teilnehmer im oberen Quartil der Gesamtpunktzahl. P_L : Lösungswahrscheinlichkeit für die Aufgabe der Teilnehmer im unteren Quartil der Gesamtpunkte.

Punktbiseriale Korrelation Die Korrelation der Punkte einer Frage zur Gesamtpunktzahl.

$$r_{pbi} = \frac{\overline{X_1} - \overline{X_0}}{\sigma_x} \sqrt{P(1-P)} \geq 0,20$$

$\overline{X_1}$: Die durchschnittliche Gesamtpunktzahl der Teilnehmer, die die Frage korrekt beantwortet haben. $\overline{X_0}$: Die durchschnittliche Gesamtpunktzahl der Teilnehmer, die die Frage falsch beantwortet haben. σ_x : Die Standardabweichung der Gesamtpunktzahl.

Ferguson's Delta Trennschärfe des gesamten Tests.

$$\delta = \frac{N^2 - \sum f_i^2}{N^2 - N^2/(K+1)} \geq 0,90$$

N : Anzahl der Testteilnehmer. K : Anzahl der Fragen. f_i : Anzahl der Teilnehmer mit der Gesamtpunktzahl i .

4.6 Statistische Analyse

4.6.1 Pfadanalyse

Zur Überprüfung von Merkmalszusammenhängen erklärenden Kausalhypothesen, kann die Pfadanalyse verwendet werden [59]. Dabei wird ein theoretisches Modell, ein sog. Strukturgleichungsmodell (SGM), der Merkmalszusammenhänge als Pfaddiagramm (vgl. Abbildung 5.1) dargestellt. In diesem Modell können auch latente (nicht beobachtbare) Merkmale erfasst werden. Man nennt Merkmale, die durch das Modell erklärt werden, endogene Variablen, die anderen Merkmale heißen exogene Variablen. Werden neben einem beobachteten Merkmalszusammenhang noch weitere unbeobachtete Einflüsse vermutet, sollte der Variablen ein Residuum hinzugefügt werden. Die Variablen werden im Modell durch Pfeile miteinander verbunden, welche von der Einfluss nehmenden Variable auf die beeinflusste Variable zeigen. Die Pfeile sind mit Pfadkoeffizienten beschriftet, die einem standardisierten Regressionskoeffizienten (β -Gewichte) entsprechen. Bei Doppelpfeilen ist der Pfadkoeffizient gleich dem Korrelationskoeffizienten (r).

Ein SGM besteht aus Messmodellen und einem Strukturmodell [60]. Ein Messmodell enthält eine latente Variable und alle ihre Indikatorvariablen, d. h. die manifesten (gemessenen) Variablen, die von der latenten Variablen beeinflusst werden. Die Zusammenhänge der latenten Variablen werden im Strukturmodell erklärt.

Ein Pfaddiagramm kann als grafische Repräsentation eines linearen Gleichungssystems gesehen werden. Zusammenhänge der Variablen werden über ihre Kovarianzen quantifiziert. Die Pfadkoeffizienten sind das Ergebnis einer Schätzung der Kovarianzen in der Population aufgrund der erhobenen Daten der Stichprobe. Dafür werden die “beobachteten Kovarianzen”, Schätzwerte der Populationswerte aufgrund der Messwerte der Stichprobe, mit den “impliziten Kovarianzen”, die sich aus der Struktur und beliebig gewählten (geschätzten) Parametern ergeben, verglichen. Die besten Schätzwerte zeichnen sich durch die geringste Diskrepanz von “impliziten” und “beobachteten” Kovarianzen aus und werden als Pfadkoeffizienten angegeben.

Für die Parameterschätzung wurden je nach gegebenen Voraussetzungen verschiedene Methoden verwendet. In dieser Arbeit wurden die Schätzungen mit der Maximum-Likelihood-Methode durchgeführt. Sie ist unabhängig von der Skalierung der manifesten Variablen und maximiert die Wahrscheinlichkeit für eine Reproduktion der geschätzten Modellparameter mit einer neuen Stichprobe derselben Population [61]. Die Maximum-Likelihood-Methode setzt eine multivariate Normalverteilung der manifesten Variablen voraus.

Ein berechnetes Modell kann auf seine Güte getestet werden. Hierfür wird häufig ein χ^2 -Test durchgeführt, der von der Nullhypothese ausgeht, dass die geschätzten Werte des Modells exakt den wahren Werten der Population entsprechen. In der Realität wird es wahrscheinlich Abweichungen geben, so dass der χ^2 -Test mit wachsender Stichprobengröße zwangsläufig signifikant und das Modell verworfen wird. Zur Beurteilung der Modellanpassung ist dieser Test deswegen weniger gut geeignet. Allerdings lässt sich der Quotient von χ^2 und den Freiheitsgraden df als Güteindex verwenden. Ist $\chi^2/df < 2,5$, so spricht man von einer angemessenen Anpassung. Ein weiteres Maß für die Anpassungsgüte ist der

“Root Mean Square Error of Approximation” (RMSEA), der für Werte $\epsilon \leq 0,05$ eine gute und bis $\epsilon \leq 0,08$ eine akzeptable Anpassung des Modells feststellt [62]. Die einzelnen Modellparameter werden über die Critical Ratio (C.R.), dem Quotienten von Parameter und seinem Standardfehler, beurteilt. Ist $|C.R.| > 1,96$, so kann man von einem signifikanten Effekt ausgehen. Für den Fall, dass die manifesten Variablen nicht multivariat normalverteilt sind, kann die Modellanpassung mithilfe des korrigierten p -Werts des χ^2 -Test nach Bollen und Stine erfolgen [63]. Für ein korrigiertes $p < 0,05$ muss das Modell verworfen werden.

Mithilfe der in dieser Arbeit verwendeten Software *SPSS Amos* [64] lassen sich Pfaddiagramme grafisch entwerfen und die Modellparameter mit den erhobenen Daten der Stichproben berechnen. Auch Modelltests können damit durchgeführt werden.

Die SGM dieser Studie wurden für die beiden Stichproben *WS 2010/11* und *WS 2011/12* berechnet. Insbesondere der Zusammenhang der latenten Variablen Fachwissen Physiologie, Fachwissen Physik und Transferfähigkeit wurde untersucht. Dabei wurden alle Möglichkeiten von gerichteten und ungerichteten Relationen zwischen den Variablen für die Daten beider Stichproben getestet. Als Indikatoren der latenten Variablen dienten die Fragen des Nachtests für den entsprechenden Bereich. Die Messmodelle wurden ebenfalls mithilfe beider Stichproben überprüft.

4.6.2 Wissenszuwachs

Der Wissenszuwachs berechnet sich aus der Differenz der Punkte im Wissensteil des Vor- und Nachtests. Es wurden die folgenden Punktedifferenzen definiert:

- Wissenszuwachs gesamt: $W_{Gesamt} = S_{N,Gesamt} - S_{V,Gesamt}$, mit $W_{Gesamt} \in [-18; 18]$
- Wissenszuwachs Physik: $W_{Physik} = S_{N,Physik} - S_{V,Physik}$, mit $W_{Physik} \in [-6; 6]$
- Wissenszuwachs Physiologie: $W_{Physio} = S_{N,Physio} - S_{V,Physio}$, mit $W_{Physio} \in [-6; 6]$
- Wissenszuwachs Transfer: $W_{Transfer} = S_{N,Transfer} - S_{V,Transfer}$, mit $W_{Transfer} \in [-6; 6]$

4.6.3 Mann-Whitney U-Test

Der Mann-Whitney U-Test (kurz: U-Test) ist ein nicht-parametrischer Test zur Überprüfung von Unterschiedshypothesen bezüglich einer abhängigen Variablen zweier Gruppen, die sich in einer unabhängigen Variablen unterscheiden. Vergleichbar mit dem t-Test, prüft der U-Test, ob die Ursache für Gruppenunterschiede zufällig oder systematisch ist. Während beim t-Test die Messwerte direkt über Mittelwerte verglichen werden, arbeitet der U-Test mit Rangplätzen, d.h. es werden ordinalskalierte Werte analysiert. Liegen zunächst intervallskalierte Werte vor, werden ihnen Rangplätze zugeordnet.

Der Vorteil des U-Tests liegt in den, verglichen mit dem t-Test, schwächeren Voraussetzungen. Er sollte anstelle des t-Tests durchgeführt werden, wenn dessen Voraussetzungen wie folgt verletzt sind [65]:

- Die abhängige Variable ist nicht (sicher) intervallskaliert.
- Das Merkmal ist in der Population nicht normalverteilt.
- Die Varianzhomogenität bzgl. des Merkmals ist zwischen den Gruppen nicht gegeben.

Insbesondere bei deutlich unterschiedlichen Gruppengrößen oder kleinen Gruppen ($n < 30$) liefert der an sich robuste t-Test bei Verletzung seiner Voraussetzungen fehlerhafte Ergebnisse [66] und sollte durch ein nicht-parametrisches Verfahren ersetzt werden. Wie beim t-Test wird auch beim U-Test die Nullhypothese überprüft, dass zwischen den Gruppen kein Unterschied bezüglich der abhängigen Variablen besteht.

In dieser Arbeit wurde der U-Test verwendet, wenn die oben genannten Voraussetzungen für den t-Test nicht gegeben waren.

4.6.4 Effektgröße

Liefert der Test einer Unterschiedshypothese einen signifikanten Unterschied zweier Gruppen, so lässt sich dieser mit Hilfe der Effektgröße quantifizieren. Unter anderem wird hierfür Cohen's d als Schätzer für die Effektgröße verwendet. Diese Maßzahl berechnet sich aus dem Unterschied der Mittelwerte, welcher auf die Standardabweichung S der Messwerte bezogen wird.

$$d = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{S}$$

\overline{X}_i : Mittelwert der Gruppe i , S : Standardabweichung der Messwerte

Ein Wert von $d = 1,0$ bedeutet, dass der Mittelwertsunterschied der beiden Gruppen einer Standardabweichung entspricht [59]. Geht man von unterschiedlichen Gruppengrößen und unterschiedlichen Varianzen der beteiligten Gruppen aus, so wird mit der gepoolten Varianz S^2 für ungleiche Gruppengrößen gearbeitet [67].

$$S^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2}$$

S_i^2 : Varianz der Gruppe i , n_i : Größe der Gruppe i

Auch Korrelationen können zur Beurteilung der Effektgröße dienen, da sie an den Streuungen der beteiligten Variablen standardisiert sind. Der Korrelationskoeffizient r ist jedoch nicht intervallskaliert, so dass Vergleiche von Korrelationen nur schwer möglich sind. Aus diesem Grund empfiehlt es sich den Diskriminationsindex r^2 zu verwenden. Dabei handelt es sich um den quadrierten Korrelationskoeffizienten. Der Diskriminationsindex ist auf das

Intervall $[0; 1]$ normiert und kann als Prozentzahl interpretiert werden. Er drückt aus, zu welchem Anteil die Varianz einer Variable durch die Varianz einer anderen Variablen aufgeklärt wird [66]. Das Vorzeichen als Information der Zusammenhangsrichtung geht hierbei allerdings verloren.

Als Orientierungshilfe zur Interpretation der Effektgrößen schlägt Cohen [68] die in Tabelle 4.3 dargestellten Werte vor.

Größe	kleiner Effekt	mittlerer Effekt	großer Effekt
Cohen's d	$\geq 0,20$	$\geq 0,50$	$\geq 0,80$
Korrelationskoeffizient r	$\geq 0,10$	$\geq 0,30$	$\geq 0,50$
Diskriminanzindex r^2	$\geq 0,01$	$\geq 0,09$	$\geq 0,25$

Tabelle 4.3: Orientierungshilfen zur Interpretation von Effektgrößen

4.6.5 Teststärke

Ergibt der Test einer Unterschiedshypothese kein signifikantes Ergebnis, d. h. die Alternativhypothese muss verworfen werden, so ist die Annahme der Nullhypothese keinesfalls ungeprüft korrekt. Neben dem Fehler erster Art (α), die Alternativhypothese anzunehmen obwohl die Nullhypothese vorliegt, sollte auch die Teststärke ($1 - \beta$) betrachtet werden. Sie steht für die Wahrscheinlichkeit eine falsche Nullhypothese zu verwerfen bzw. sich für eine vorliegende Alternativhypothese zu entscheiden. Die Nullhypothese zu interpretieren ist also nur seriös, wenn die Teststärke hinreichend groß ist [66]. Anders ausgedrückt beschreibt die Teststärke die Wahrscheinlichkeit, einen Effekt mit festgelegter Größe in Abhängigkeit von den Stichprobenumfängen und dem festgelegten Signifikanzniveau zu finden.

Grundsätzlich sollten die Effektgröße, das Signifikanzniveau und die Teststärke a priori festgelegt werden, um daraus die notwendigen Gruppengrößen zu berechnen. Je kleiner der zu messende Effekt ist, je weniger sich also die Gruppen unterscheiden, um so größer müssen für verlässliche Ergebnisse die Stichprobenumfänge sein.

Auch im Nachhinein ist es möglich die Teststärke zu berechnen, jedoch stellt sich hier die Frage nach der zu verwendenden Effektgröße. Unterschieden werden die geschätzte Effektgröße, basierend auf den erhobenen Daten der Stichprobe, und die (wahre) Effektgröße der Grundgesamtheit. Das Gleichsetzen der beiden Effektgrößen wird als fragwürdig, bei kleinen Gruppengrößen sogar als falsch, angesehen [69]. Wird die geschätzte Effektgröße zur Berechnung der Teststärke verwendet, so erhält man eine beobachtete Teststärke.

Insbesondere bei kleinen Effekten ist die nachträgliche Interpretation der Teststärke schwierig, denn die beobachtete Teststärke wird unzureichend groß sein und a priori wurde keine Teststärke festgelegt. Auf eine Interpretation der Nullhypothese bei nicht signifikanten Testergebnissen sollte in diesem Fall verzichtet werden.

Die angegebenen Teststärken dieser Arbeit entsprechen der beobachteten Teststärke und wurden mithilfe des Programms G*Power [70] berechnet.

4.6.6 Vernetzungsmaß (Globale Navigation)

Erstellt man eine Karte mit Lernaktivitäten als Knoten und Navigationsschritten als gerichtete Verbindungslinien (vgl. Abb. 4.1), so lassen sich die Wege der Teilnehmer durch das semantische Netz der Kursinhalte darstellen. Um die Vielfältigkeit der nutzerspezifischen

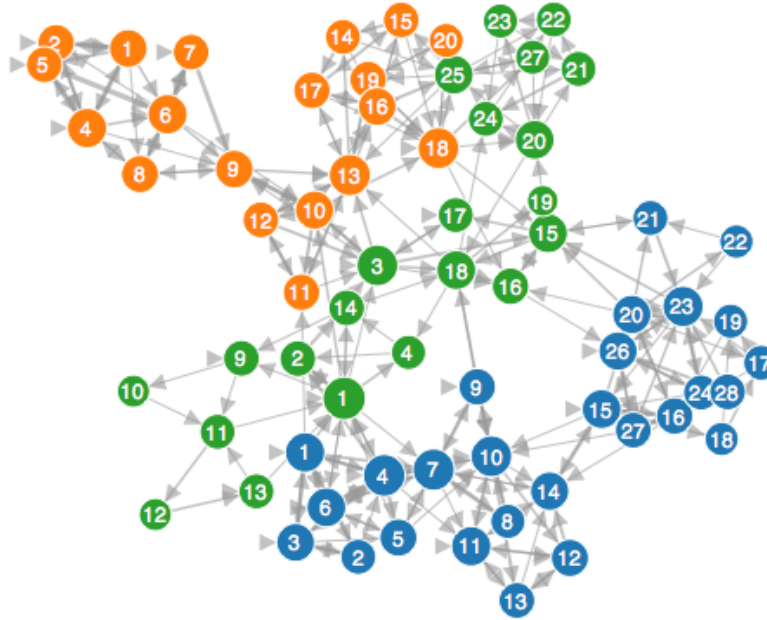


Abbildung 4.1: Visualisierung aller Navigationsschritte im LMUdle-Kurs unter Verwendung der Netznavigation von Teilnehmern mit mehr als zehn Navigationsschritten.

Lernpfade durch die Kursinhalte beurteilen zu können, wurde das folgende Vernetzungsmaß eingeführt.

$$VM := \frac{L_b}{L_m}$$

mit L_b : Anzahl der beobachteten Verbindungen von Lernaktivitäten, L_m : Anzahl der möglichen Verbindungen der Lernaktivitäten.

Dabei berechnet sich die Anzahl der möglichen Verbindungen aus der Anzahl der Lernaktivitäten (N_L) nach $L_m = 0,5 \cdot N_L \cdot (N_L - 1)$. Um die unterschiedlichen Navigationsarten bezüglich des Vernetzungsmaßes zu vergleichen, werden diese mit dem jeweiligen Anteil der Navigationsschritte einer Navigationsart an der Gesamtzahl der Navigationsschritte skaliert. Das skalierte Vernetzungsmaß vm berechnet sich somit wie folgt:

$$vm := \frac{L_b}{L_m} \cdot \frac{N_{ges}}{N}$$

mit N_{ges} : Summe aller Navigationsschritte, N : Anzahl der Navigationsschritte der jeweiligen Navigationsart.

Kapitel 5

Ergebnisse

5.1 Wissenstest

5.1.1 Fragenanalyse

Die Berechnung der in Abschnitt 4.5 dargestellten Größen zur Beurteilung der Testgüte lieferte die in Tabelle 5.1 dargestellten Ergebnisse. Alle Werte, mit Ausnahme der Lösungswahrscheinlichkeit von Frage 4 und Frage 8, sowie des Item Discrimination Index der Frage 8, lagen in Bereichen, die für eine akzeptable Güte des Wissenstests sprechen. Für die Trennschärfe des Wissenstests ergab sich ein guter Wert mit Ferguson's Delta von $\delta = 0,95$.

5.1.2 Fachwissen und Transfer

Um Zusammenhänge von Fachwissen und Transferleistung zu untersuchen, wurden alle Möglichkeiten von gerichteten (64) und ungerichteten (8) Relationen zwischen diesen drei latenten Variablen modelliert und an den beiden Stichproben *WS 2010/11* und *WS 2011/12* überprüft. Abbildung 5.1 zeigt die Modelle, die in beiden Stichproben bestätigt werden konnten. Dabei sind die Güteindizes und die standardisierten Pfadkoeffizienten für alle Modelle in der jeweiligen Stichprobe identisch. Die Indikatorvariablen erfüllten für *WS 2010/11* die Bedingung der multivariaten Normalverteilung nicht, so dass mit dieser Stichprobe nur die Modellstruktur bestätigt wurde, nicht aber die Parameter sicher ermittelt werden konnten (nach Bollen und Stine korrigiertes $p = 0,234$). Für die Stichprobe *WS 2011/12* war die multivariate Normalverteilung gegeben und das Modell zeigte eine gute Anpassung ($\chi^2/df = 1,641$ und $\epsilon = 0,045$), so dass es hier ebenfalls nicht verworfen werden musste. In diesem Fall waren auch die Parameterschätzungen zuverlässig. In Tabelle 5.2 werden die drei Modelle bezüglich ihrer Critical Ratios der geschätzten Pfadkoeffizienten verglichen. Die höchsten Werte erreicht das Modell A.

Die Korrelationen der Gesamtpunktzahlen für den Physiologie-, Physik- und Transferbereich des Nachtests sind in Tabelle 5.3 aufgelistet. Sie stehen für sehr hoch signifikante Effekte von mittlerer Größe.

	Frage	P	D	r_{pbi}
1)	P: Elektrische Arbeit	0,70	0,38	0,33
2)	T: $U = W/q$ & Nernst-Glg.	0,42	0,45	0,31
3)	M: Membranpotenzial & Permeabilität	0,69	0,40	0,37
4)	P: Kennlinie Ohm'scher Widerstand	0,17	0,27	0,25
5)	T: Ionenkanal als Ohm'scher Widerstand	0,46	0,33	0,25
6)	M: Na^+/K^+ -Pumpe	0,85	0,28	0,31
7)	M: Refraktärzeit	0,75	0,51	0,45
8)	T: Parallelschaltung Ionenkanäle	0,11	0,22	0,27
9)	P: Parallelschaltung Widerstände	0,30	0,36	0,30
10)	P: Spezifischer Widerstand	0,83	0,32	0,38
11)	T: Querschnittfläche Axon	0,90	0,26	0,41
12)	M: Reizamplitude frequenzkodiert	0,36	0,67	0,48
13)	P: Kapazität Kondensator	0,82	0,41	0,44
14)	T: Membran als Kondensator	0,28	0,41	0,36
15)	M: Myelinisiertes Axon	0,74	0,44	0,36
16)	P: $\tau = R \cdot C$	0,84	0,28	0,30
17)	T: Membran & Kanal als RC-Glied	0,73	0,38	0,31
18)	M: Spannungsabh. Na^+ -Kanäle	0,72	0,51	0,40
	Mittelwert	0,59	0,39	0,35
	Standardabweichung	0,26	0,11	0,07

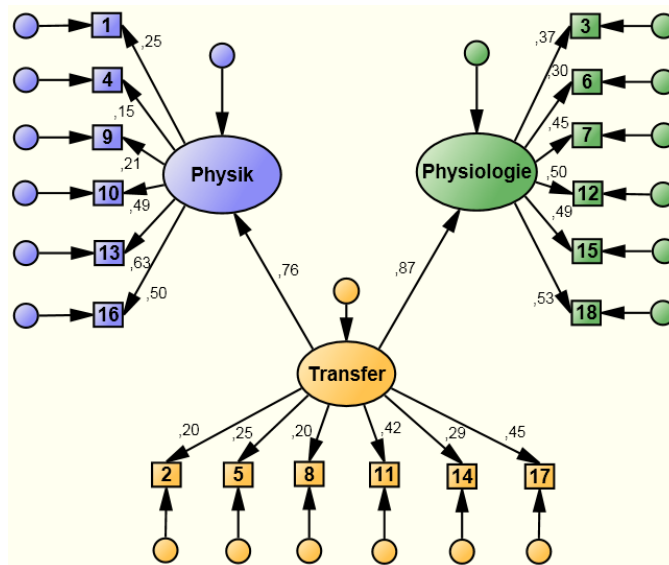
Tabelle 5.1: Die Tabelle zeigt die Lösungswahrscheinlichkeit P , den Item Discrimination Index D und die punktbiseriale Korrelation r_{pbi} für die Wissensfragen im Nachtest. Abkürzungen: (P)hysik, (M)edizin, (T)ransfer

Relation	Modell A	Modell B	Modell C
Transfer \sim Physiologie	3,125	2,697	3,125
Transfer \sim Physik	4,524	4,524	2,750

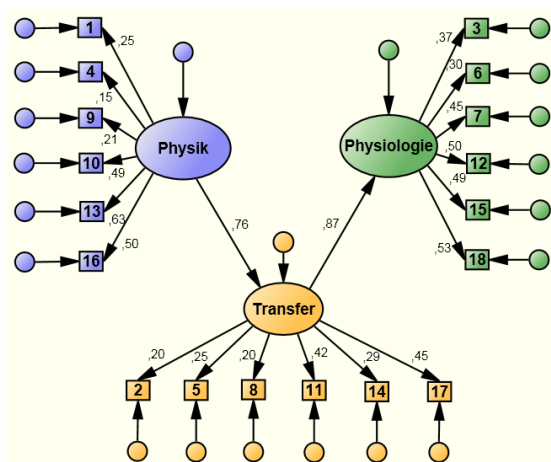
Tabelle 5.2: Critical Ratios der Pfadkoeffizienten für die verschiedenen Modelle.

	WS 2010/11	WS 2011/12
Physiologie \sim Physik	$r = 0,34^{***}$	$r = 0,37^{***}$
Physiologie \sim Transfer	$r = 0,37^{***}$	$r = 0,41^{***}$
Physik \sim Transfer	$r = 0,33^{***}$	$r = 0,33^{***}$

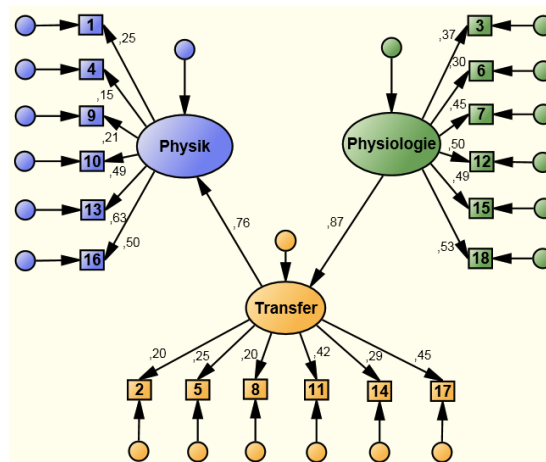
Tabelle 5.3: Korrelationen der erreichten Punktzahlen im Physiologie-, Physik- und Transferbereich des Nachtests. $***p < 0,001$



(a) Modell A: WS 2011/12



(b) Modell B: WS 2011/12



(c) Modell C: WS 2011/12

Abbildung 5.1: Pfaddiagramme der Beziehungen von Fachwissen und der Transferleistung. Die latenten Variablen sind durch ovale Formen erkennbar, die manifesten Indikatorvariablen (Antworten im Wissenstest) sind quadratisch dargestellt, runde Formen symbolisieren Residuen. Die standardisierten Pfadkoeffizienten stehen für Regressionskoeffizienten (einfache Pfeile) bzw. Korrelationskoeffizienten (Doppelpfeile).

5.1.3 Vergleich des Wissenszuwachses zwischen LMUdle-Nutzergruppen

Skalenberechnung Die im Abschnitt 4.3 festgelegten Gruppen *LMUdle-Nutzer* und *Traditionell* wurden bezüglich ihres Wissenszuwachses verglichen. Während sich die Gruppen in der Differenz der Gesamtpunktzahl W_{Gesamt} sehr signifikant ($U = 6122,500; p = 0,006 < 0,01$) und in der Differenz der Transferpunktzahl signifikant ($U = 5944,5; p = 0,013 < 0,05$) unterschieden, ließ sich dies für die Differenz der Physikpunktzahl W_{Physik} ($U = 5416,000; p = 0,166 > 0,05$) und Physiologiepunktzahl $W_{Physiologie}$ ($U = 5283,000; p = 0,244 > 0,05$) nicht feststellen. Dennoch war auch für W_{Physik} und $W_{Physiologie}$ eine Tendenz erkennbar (vgl. Tabelle 5.4).

Bereich	LMUdle-Nutzer		Traditionell		d	$(1 - \beta)$
	M	SD	M	SD		
Gesamt	4,36	2,67	2,89	2,66	0,55	0,83
Physik	2,12	1,36	1,70	1,46	0,29	0,34
Physiologie	0,88	1,43	0,47	1,29	0,32	0,40
Transfer	1,36	1,25	0,72	1,29	0,50	0,75

Tabelle 5.4: Vergleiche des Wissenszuwachses der Gruppen *LMUdle-Nutzer* und *Traditionell*

Wie sich Tabelle 5.4 entnehmen lässt, zeigte sich für den gesamten Wissenszuwachs W_{Gesamt} und für den Wissenszuwachs im Transferbereich $W_{Transfer}$ ein mittlerer Effekt (vgl. Tabelle 4.3), während für W_{Physik} und $W_{Physiologie}$ ein kleiner Effekt vorlag.

Wissenszuwachs der einzelnen Fragen Die Abbildung 5.2 zeigt die Differenz der Lösungswahrscheinlichkeiten (relative Häufigkeiten korrekter Antworten) der Aufgaben zwischen Vor- und Nachtest. Diese Differenzen können als Maß für den durchschnittlichen Wissenszuwachs der Teilnehmer angesehen werden. Der Vergleich der beiden Gruppen *LMUdle* und *Traditionell* zeigte, dass Teilnehmer der *LMUdle*-Gruppe in insgesamt dreizehn Aufgaben einen größeren Wissenszuwachs aufwiesen als die Teilnehmer der Gruppe *Traditionell*. Für zehn Aufgaben war die Differenz größer als 10%. Der Unterscheid zu Gunsten der Gruppe *Traditionell* lag bei fünf Aufgaben im Bereich von 2% bis 7%. Es ließ sich bezüglich der Unterschiede keine Häufung auf ein bestimmtes Themengebiet (Physik, Medizin, Transfer) erkennen.

5.1.4 Vergleich der Antworten der LMUdle-Nutzergruppen

Die Tabelle 5.5 vergleicht die relativen Häufigkeiten der angekreuzten Antwortoptionen des Nachtests der Gruppen *LMUdle* und *Traditionell*. Dabei ist die jeweils korrekte Antwort

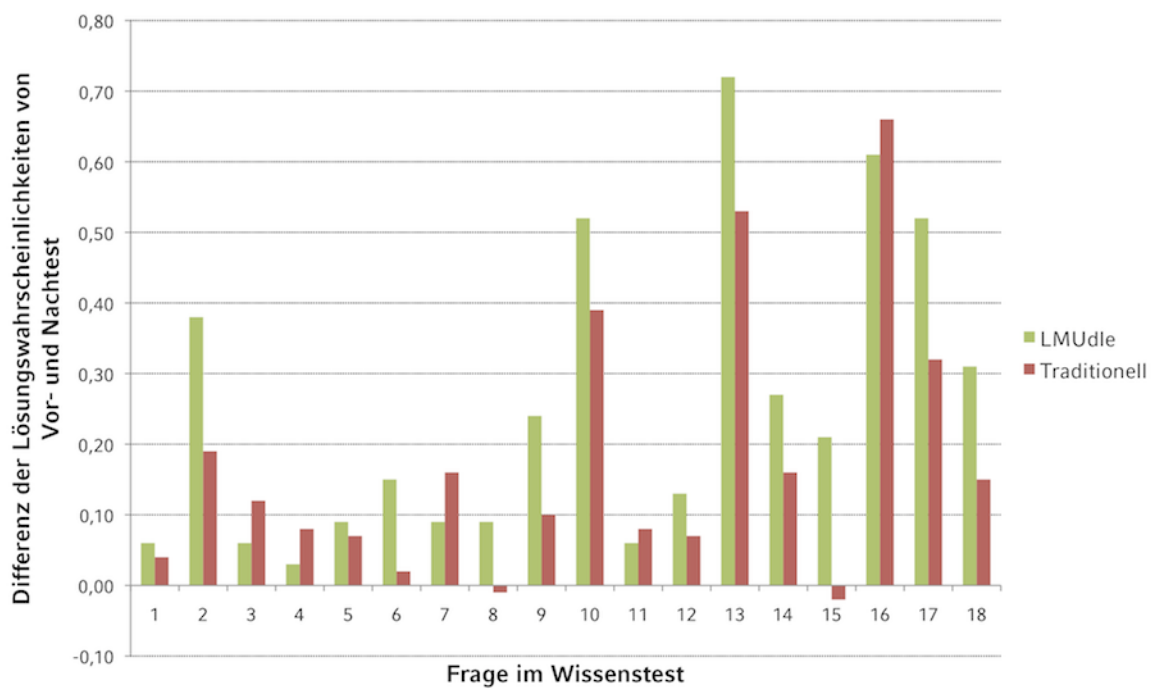


Abbildung 5.2: Vergleich der Gruppen *LMUdle* und *Traditionell* bzgl. der Differenzen der Lösungswahrscheinlichkeiten für die Aufgaben im Vor- und Nachtest.

fett gedruckt. Auch hier spiegelt sich das erfolgreichere Abschneiden der Gruppe *LMUdle* durch höhere relative Häufigkeiten bei der Wahl der korrekten Antwortoption wieder.

Im Folgenden werden die Antworten bezüglich ihrer Häufigkeit und inhaltlicher Auffälligkeiten näher betrachtet. Relative Häufigkeiten mit weniger als 25% werden mit Vorsicht bewertet, da bei Nichtgebrauch der Antwortoption e) („Ich weiß es nicht.“) dieser Wert der Ratewahrscheinlichkeit bei vier Antwortmöglichkeiten entspricht.

Frage 1 *LMUdle*-Teilnehmer beantworteten diese Frage tendenziell erfolgreicher, wobei die richtige Antwort in beiden Gruppen deutlich überwog.

Frage 2 In beiden Gruppen entschied sich gut ein Drittel für Antwort e), obwohl es sich um eine Anwendung der Inhalte (Spannungsdefinition) von Frage 1 handelt, in der die Antwort e) wesentlich weniger häufig gewählt wurde. Von Gruppe *LMUdle* wurde diese Frage erfolgreicher beantwortet.

Frage 3 Beide Gruppen beantworteten diese Frage ähnlich mit einer deutlichen Mehrheit für die richtige Antwort. Die falsche Antwort c) wurde von beiden Gruppen vollständig ausgeschlossen.

Frage 4 Die richtige Antwort c) wurde von der Gruppe *Traditionell* häufiger gewählt, jedoch entschieden sich beide Gruppen mit deutlicher Mehrheit für die falsche Antwort b). Dies deutet auf eine Missachtung des Zusammenhang $R = U/I$ hin, welcher vermutlich fälschlicherweise als $R \propto I$ interpretiert wurde. Auch der Zusammenhang $R = \text{const.}$ (Ohm'sches Gesetz) wurde mit der Auswahl von d) häufig missachtet.

Frage 5 Beide Gruppen wiesen eine nahezu gleiche Verteilung der Antworten auf. Dabei wurde Antwort b), und mit ihr ein quadratischer Zusammenhang von Strom und Membranpotenzial, deutlich ausgeschlossen.

Frage 6 Nahezu die komplette Gruppe *LMUdle* beantwortete diese Frage korrekt und war damit deutlich erfolgreicher als die Gruppe *Traditionell*, welche eine ebenfalls hohe Lösungswahrscheinlichkeit von 82% erreichte. Abweichungen waren gering ($< 7\%$) und verteilten sich auf alle Antworten.

Frage 7 Teilnehmer der Gruppe *LMUdle* wählten häufiger die richtige Antwort d) als die der Gruppe *Traditionell*, von denen sich einige (11%) für Antwort b) entschieden. In diesem Fall wurde die Refraktärzeit überschätzt.

Frage	a)		b)		c)		d)		e)		N	
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
1) P: Elektrische Arbeit	0,000	0,036	0,030	0,082	0,121	0,064	0,788	0,701	0,061	0,117	33	281
2) T: $U = W/q$ (Nernst-Glg.)	0,515	0,408	0,091	0,116	0,061	0,092	0,000	0,032	0,333	0,352	33	284
3) M: Membranpot. & Permeabilität	0,121	0,152	0,697	0,664	0,000	0,000	0,182	0,131	0,000	0,053	33	283
4) P Kennlinie Ohm'scher Widerstand	0,061	0,056	0,606	0,542	0,061	0,194	0,273	0,194	0,000	0,014	33	284
5) T: Ionenkanal als Ohm. Widerstand	0,545	0,486	0,030	0,018	0,121	0,168	0,091	0,121	0,212	0,207	33	280
6) M: Na^+/K^+ -Pumpe	0,970	0,817	0,030	0,039	0,000	0,050	0,000	0,068	0,000	0,025	33	279
7) M: Refraktärzeit	0,031	0,056	0,031	0,109	0,063	0,077	0,844	0,718	0,031	0,039	32	284
8) T: Parallelschaltung Ionenkanäle	0,031	0,129	0,156	0,118	0,125	0,168	0,594	0,441	0,094	0,143	32	279
9) P: Parallelschaltung Widerstände	0,182	0,310	0,333	0,274	0,394	0,299	0,000	0,043	0,091	0,075	33	281
10) P: Spezifischer Widerstand	0,000	0,042	0,091	0,035	0,848	0,823	0,061	0,071	0,000	0,028	33	283
11) T: Querschnittsfläche Axon	0,000	0,021	0,939	0,886	0,061	0,053	0,000	0,021	0,000	0,018	33	281
12) M Reizamplitude frequenzcodiert	0,031	0,011	0,375	0,597	0,563	0,367	0,031	0,007	0,000	0,018	32	278
13) P: Kapazität Kondensator	0,031	0,040	0,875	0,795	0,063	0,065	0,031	0,058	0,000	0,043	32	278
14) T: Membran als Kondensator	0,097	0,068	0,258	0,274	0,000	0,075	0,452	0,278	0,194	0,305	31	266
15) M: myelinisiertes Axon	0,903	0,711	0,065	0,133	0,000	0,068	0,000	0,038	0,032	0,049	31	263
16) P: $\tau = R \cdot C$	0,000	0,019	0,100	0,012	0,000	0,016	0,900	0,891	0,000	0,062	30	258
17) T: Membran & Kanal = RC-Glied	0,767	0,709	0,000	0,040	0,233	0,162	0,000	0,040	0,000	0,049	30	247
18) M: U-abh. Na^+ -Kanäle	0,034	0,070	0,000	0,070	0,862	0,701	0,103	0,107	0,000	0,053	29	244

Tabelle 5.5: Die Tabelle zeigt die relativen Häufigkeiten der Antworten a) - e) auf die Fragen im Nachtest der beiden Gruppen *LMUdle* (L) und *Traditionell* (T), sowie die Anzahl N der Antworten. Richtige Antworten sind fett hervorgehoben.

Frage 8 Beide Gruppen entschieden sich mehrheitlich für die falsche Antwort d). Damit wurde erkannt, dass Ionenkanäle modellhaft einer Parallelschaltung von elektrischen Widerständen entsprechen. Allerdings zeigte sich gleichzeitig eine Unsicherheit im Berechnen des Gesamtwiderstandes, welcher fälschlicher Weise mit der Formel $R_{ges} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \dots$ berechnet und damit dem Leitwert G gleichgesetzt wurde. Während die restlichen Antworten bei der Gruppe *Traditionell* nahezu gleichverteilt waren, schlossen die *LMUdle*-Teilnehmer Antwort a) fast vollständig aus. Damit erkannten sie, dass sich in einer Parallelschaltung die Teilspannungen nicht addieren und wendeten somit das zweite Kirchhoff'sche Gesetz (Maschenregel) erfolgreich an. Die Lösungswahrscheinlichkeit der richtigen Antwort b) lag mit 16% bzw. 12% in beiden Gruppen unter der Ratewahrscheinlichkeit.

Frage 9 Beide Gruppen schlossen die Antwort d) größtenteils aus und erkannten somit, dass der Faktor 4 bzw. $\frac{1}{4}$ den Unterschied der Stromstärke der beiden Schaltungen nicht erklären kann. Die *Traditionell*-Teilnehmer entschieden sich nahezu gleichverteilt für die übrigen Antworten, während bei der Gruppe *LMUdle* eine stärkere Tendenz zur korrekten Antwort c) zu erkennen war. Daher beantwortete Gruppe *LMUdle* diese Frage auch erfolgreicher. Die Wahl der Antwort a) deutet auf ein Missverständnis des ersten Kirchhoff'schen Gesetzes (Knotenregel) hin. Auch die sog. „Stromverbrauchsvorstellung“ ist an dieser Stelle denkbar. Dabei behauptet der Student fälschlicherweise, dass Widerstände als „Verbraucher“ die Stromstärke verringern, wenn der Strom durch sie fließt. Viele Widerstände würden somit den Strom stärker verringern als wenig Widerstände. Hinter Antwort b) verbirgt sich ebenfalls eine Fehlvorstellung, das sog. „Sequentielle Denken“. In diesem Fall wird fälschlicherweise angenommen, dass der Strom am Anfang des Stromkreises „noch nicht weiß, was hinten kommt“ und somit die hinteren Bauelemente keinen Einfluss auf den Strom vorne haben. In beiden Fällen handelt es sich um bekannte Fehlvorstellungen der Elektrizitätslehre.

Frage 10 Diese Frage wurde von beiden Gruppen nahezu gleich erfolgreich beantwortet und damit die Kenntnis der Abhängigkeit eines Leiters von seiner Geometrie belegt.

Frage 11 Beide Gruppen wendeten die Kenntnisse aus Frage 10 erfolgreich auf das Tintenfisch-Axon an und beantworteten diese Frage größtenteils korrekt.

Frage 12 Die falsche Antwort b) wurde von beiden Gruppen sehr häufig gewählt, in der Gruppe *Traditionell* sogar häufiger als die korrekte Antwort c). Dies deutet auf die Fehlinterpretation des Bildes hin. So wurde die Reizamplitude mit der Amplitude des Aktionspotenzials gleichgesetzt und die Frequenzkodierung der Reizamplitude nicht erkannt. *LMUdle*-Teilnehmer beantworteten diese Frage wesentlich häufiger richtig. Die übrigen Antwortoptionen wurden nahezu ausgeschlossen.

Frage 13 Die Abhängigkeit der Kapazität eines Kondensators von seiner Geometrie wurde von beiden Gruppen mehrheitlich richtig beurteilt, dabei war die Gruppe *LMUdle* ten-

denziell erfolgreicher.

Frage 14 Teilnehmer der Gruppe *LMUdle* entschieden sich in relativer Mehrheit und deutlich häufiger als Gruppe *Traditionell* für die korrekte Antwort d). Ein hoher Anteil an Stimmen fiel in beiden Gruppen auf Antwort b), während die Antworten a) und c) kaum gewählt wurden. Da für die Gruppe *Traditionell* die Antworten b) und d) eine gleich hohe Lösungswahrscheinlichkeit aufwiesen, schienen die Teilnehmer nach Ausschluss von a) und c) zwischen den verbleibenden Antworten zu raten. Die Anwendung der Kenntnisse aus Frage 13 auf das Membranmodell fiel den Teilnehmern scheinbar schwer.

Frage 15 Beide Gruppen beantworteten diese Frage sehr erfolgreich, wobei die Teilnehmer der *LMUdle*-Gruppe deutlich häufiger korrekt antworteten. In der Gruppe *Traditionell* ließ sich eine leichte Tendenz zur Antwort b) beobachten, welche fälschlicherweise behauptet, dass die Amplitude eines Aktionspotenzials von der Länge des Internodiums abhängig ist.

Frage 16 Die korrekte Antwort d) wurde von beiden Gruppen in absoluter Mehrheit gewählt. Unter den falschen Antworten zeigte die Gruppe *LMUdle* eine schwache Tendenz zu b) und behauptete damit, dass die Zeitkonstante τ von Kapazität und Strom abhängig ist.

Frage 17 Beide Gruppen zeigten das gleiche Antwortverhalten und entschieden sich mehrheitlich für die richtige Antwort a), wobei die *LMUdle*-Gruppe tendenziell erfolgreicher war. Die häufigste falsche Antwort war c), welche fälschlicherweise besagt, dass die Membranlipide als Kondensator modelliert werden können. Die Antworten b) und d) wurden von beiden Gruppen ausgeschlossen, womit die Teilnehmer korrekt verneinten, dass ein Ionenkanal als zylinderförmiger Kondensator beschrieben werden kann.

Frage 18 Die Gruppe *LMUdle* beantwortete diese Frage deutlich erfolgreicher als die Gruppe *Traditionell*, obgleich sich beide Gruppen mehrheitlich für die richtige Antwort entschieden. Es ließ sich eine geringfügige Tendenz zur falschen Antwort d) beobachten, welche die Aussage macht, dass spannungsabhängige Na^+ -Kanäle mit hoher Wahrscheinlichkeit während der Nach-Hyperpolarisation inaktiviert werden.

5.2 Navigationsverhalten

5.2.1 Verwendung der verschiedenen Navigationsarten

Es wurden nur die Navigationsschritte von Teilnehmern berücksichtigt, die mindestens zehn Navigationsschritte vollzogen haben. Die Anzahl dieser Navigationsschritte belief sich auf $N = 2986$. Abbildung 5.3 zeigt den Anteil der jeweiligen Navigationsart an den insgesamt vollzogenen Navigationsschritten.

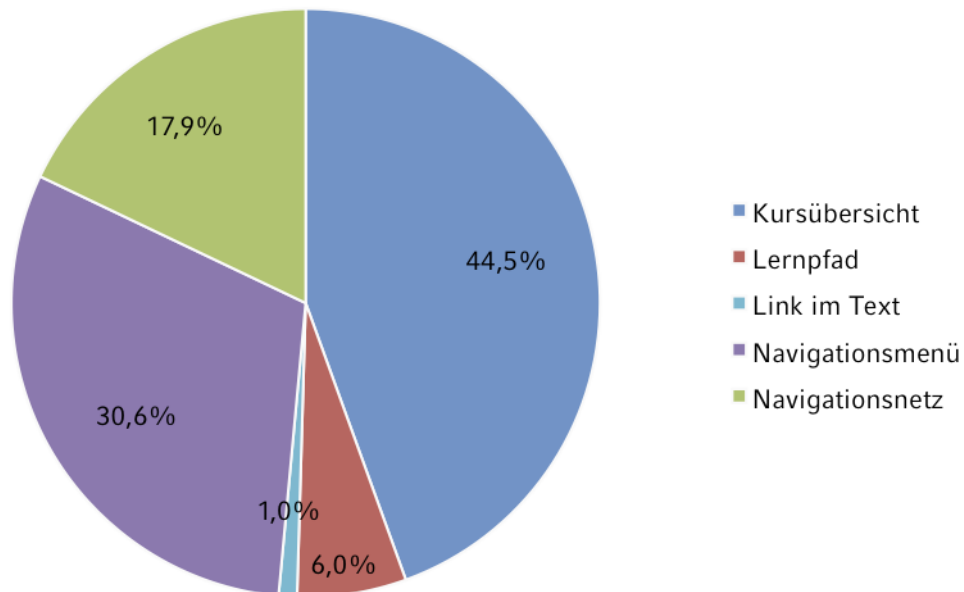


Abbildung 5.3: Prozentualer Anteil der jeweiligen Navigationsart an den insgesamt getätigten Navigationsschritten.

Eine fächerübergreifende Navigation war im LMUdle-Kurs nur mithilfe der Kursübersicht und der Netznavigation möglich. Tabelle 5.6 zeigt das Verhältnis von kursübergreifenden zu kursinternen Navigationsschritten für beide Navigationsformen sowie allgemein.

		Alle Navigationsarten	Kursübersicht	Netznavigation
ZEL	MApN	5,3%	10,6%	7,6%
MApN	SIG	6,5%	11,4%	12,0%
ZEL	SIG	4,7%	11,6%	0,2%

Tabelle 5.6: Verhältnis der kursübergreifenden zu den kursinternen Navigationsschritten zwischen den jeweiligen Versuchen.

5.2.2 Besuchte Lernaktivitäten

Betrachtet man die Anzahl der Besuche für die einzelnen Lernaktivitäten (vgl. Abb. B.1), so lassen sich die folgenden Feststellungen machen:

- Die ersten beiden Lernaktivitäten der Kursübersicht wurden deutlich häufiger besucht als alle anderen Lernaktivitäten.
- Die ersten Lernaktivitäten eines Themenbereiches wurden häufiger besucht als seine restlichen Lernaktivitäten.

- Die Selbstkontrollen wurden häufiger besucht als die restlichen Lernaktivitäten.
- Der Themenbereich ZEL wurde häufiger besucht als SIG, dieser wiederum wies mehr Besuche auf als MApN.
- In der Kursübersicht eingerückte Lernaktivitäten wurden weniger häufig besucht als nicht eingerückte.

Art der Lernaktivität Die Lernaktivitäten des LMUdle-Kurses lassen sich in die Kategorien Texte, Selbstkontrollen, Interaktive Elemente, Versuchsbeschreibungen, Animationen, Video & Podcast, PDF und Klinische Bezüge einteilen. Die Tabelle 5.7 zeigt die Anzahl der Lernaktivitäten der jeweiligen Kategorie sowie die Summe der Besuche dieser Lernobjekte. Da die Kategorien unterschiedlich viele Lernaktivitäten beinhalten, wird außerdem die durchschnittliche Anzahl der Besuche einer Kategorie angegeben. Der Mittelwert der Selbstkontrollen lag deutlich über dem der anderen Kategorien, gefolgt von Texte und Videos & Podcast (vgl. Abb. 5.4).

Kategorie	# Lernaktivitäten	Summe Besuche	Mittelwert Besuche
Texte	32	1210	38
Selbstkontrollen	19	1021	54
Interaktive Elemente	10	260	26
Versuchsbeschreibungen	9	198	22
Animationen	7	195	28
Video & Podcast	2	72	36
PDF	4	73	18
Klinische Bezüge	3	53	18

Tabelle 5.7: Besuche der jeweiligen Kategorie und deren Anzahl an Lernaktivitäten.

Themenbereiche Die Besuche der Themenbereiche sind in Tabelle 5.8 zusammengefasst. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Themenbereiche mit unterschiedlich vielen Lernaktivitäten wurde der Mittelwert für die Besuche des jeweiligen Bereichs berechnet.

Themenbereich	# Lernaktivitäten	Summe Besuche	Mittelwert Besuche
ZEL	30	1401	47
MApN	30	773	26
SIG	22	908	41

Tabelle 5.8: Besuche des jeweiligen Themenbereichs und seine Anzahl an Lernaktivitäten.

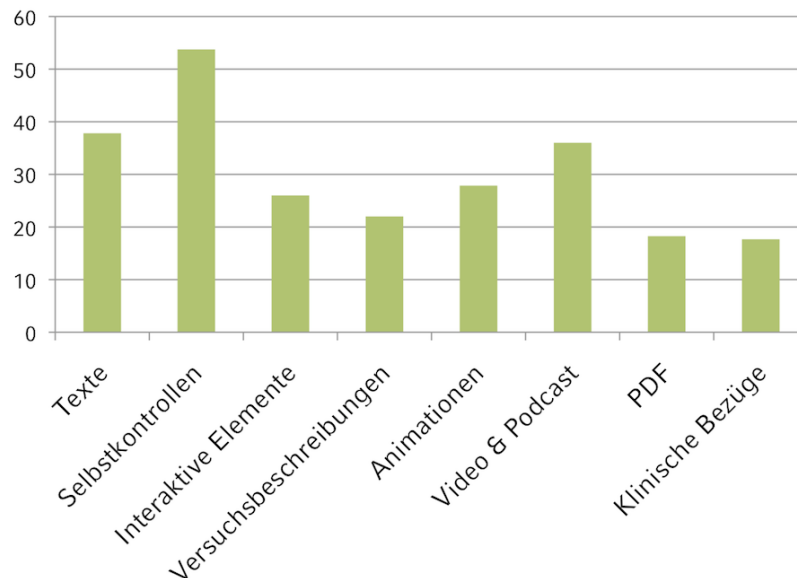


Abbildung 5.4: Mittelwert der Besuche der jeweiligen Kategorie

5.2.3 Navigationsstruktur

Vernetzungsmaß (Globale Navigation) In Tabelle 5.9 werden die Werte der verschiedenen Navigationsarten verglichen. *Alle Navigationsarten* enthalten auch die Navigation mithilfe von Lernpfaden und Textlinks. Es zeigte sich ein deutlicher Unterschied zwischen der Netznavigation und den übrigen Navigationsarten. So wurden bei Verwendung der Netznavigation zwar weniger Lernaktivitäten besucht, jedoch wies sie ein höheres skaliertes Vernetzungsmaß auf.

Navigationsart	vm	N_L
Alle Navigationsarten	0,27	81
Kursübersicht	0,42	81
Navigationsmenü	0,31	81
Netznavigation	0,68	67

Tabelle 5.9: Das skalierte Vernetzungsmaß (vm) und die Anzahl der im Netz enthaltenen Lernaktivitäten (N_L) für die jeweilige Navigationsart.

Navigationsnetze der verschiedenen Navigationsarten Die Abbildungen 5.5 und 5.6 stellen das Navigationsverhalten der Teilnehmer dar. Es wurden alle Teilnehmer mit mehr als zehn Navigationsschritten berücksichtigt. Die Häufigkeit l einer Verbindung von zwei Lernaktivitäten wird über die Dicke der Linie verdeutlicht. Es werden nur Verbin-

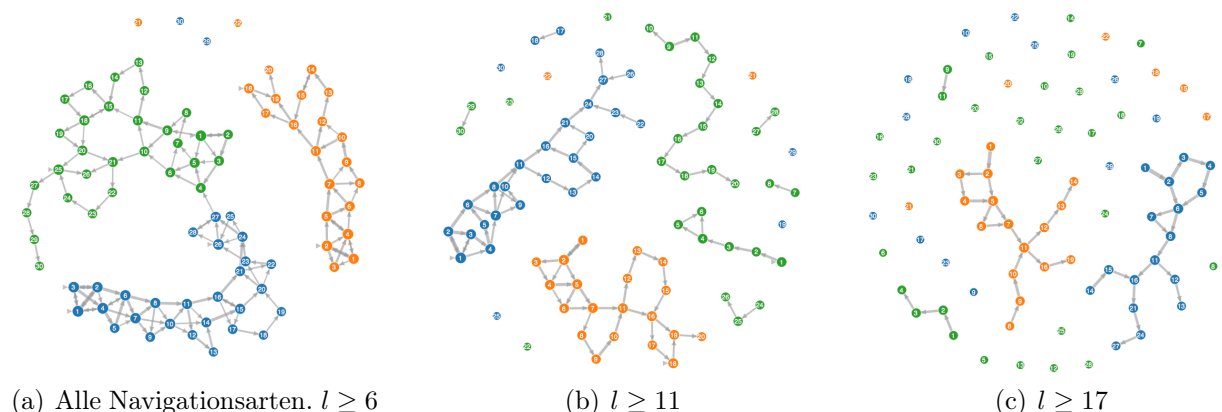


Abbildung 5.5: Navigationsnetz auf Grundlage aller Navigationsarten. Es werden nur Verbindungen dargestellt, für die mindestens l Navigationsschritte gezählt wurden.

dungslinien gezeichnet, die mindestens l Navigationsschritten entsprechen. Zur (spaltenweise) Vergleichbarkeit der Netze wird die Untergrenze l proportional zur Gesamtzahl der Navigationsschritte der jeweiligen Art skaliert. Die Pfeilspitze zeigt vom Start zum Ziel eines Navigationsschrittes. Die Farben der Lernaktivitäten sind den Themenbereichen zugeordnet (ZEL: blau, MAPN: grün, SIG: orange). Die Zahlen auf den Lernaktivitäten entsprechen ihrer Position in der Kursübersicht und sind in Tabelle B.1 zu finden. Eine interaktive Visualisierung der Navigationsschritte kann unter <http://www.dasis.mecum-online.de/study/navsteps.php> durchgeführt werden.

Während mithilfe des Navigationsmenüs (vgl. Abb. 5.6 (d) - (f)) keine fächerübergreifende Navigation stattfand, lies sich diese bei den übrigen Navigationsarten beobachten. Die Netznavigation (vgl. Abb. 5.6 (g) - (i)) zeigte diesbezüglich die ausgeprägteste Struktur, was sich mit dem ermittelten skalierten Vernetzungsmaß deckt. Auch bei der Navigation mithilfe der Kursübersicht (vgl. Abb. 5.6 (a) - (c)) lies sich eine ähnliche Ausprägung beobachten, welche jedoch anteilig an der Gesamtzahl der Navigationsschritte schnell abklingt. Bei der Navigation mithilfe des Navigationsmenüs zeigten sich pfadähnliche Strukturen eines eher seriellen Navigationsverhaltens, d. h. die Lernobjekte wurden der Reihe nach besucht. Schleifenförmige Pfadabschnitte ergaben sich durch das Überspringen von Lernobjekten und waren in den Physikkursen stärker ausgeprägt als in der Physiologie.

5.2.4 Individuelle Navigationsanalyse

Es wurden die Navigationsschritte, die besuchten Lernaktivitäten und die Testergebnisse der Stichprobe *LMUdle* auf Beziehungen untereinander untersucht (vgl. B.2). Die Bedeutungen der verwendeten Begriffe und Abkürzungen sind in Tabelle 5.10 aufgeführt. Dabei zeigte sich, dass die Teilnehmer jeweils eine Navigationsart präferierten. Außerdem deutete sich an, dass Teilnehmer zu großen Teilen keine textbasierten Lernaktivitäten besuchten, wenn sie mit Hilfe der Kursübersicht navigierten. Bei hauptsächlicher Verwendung

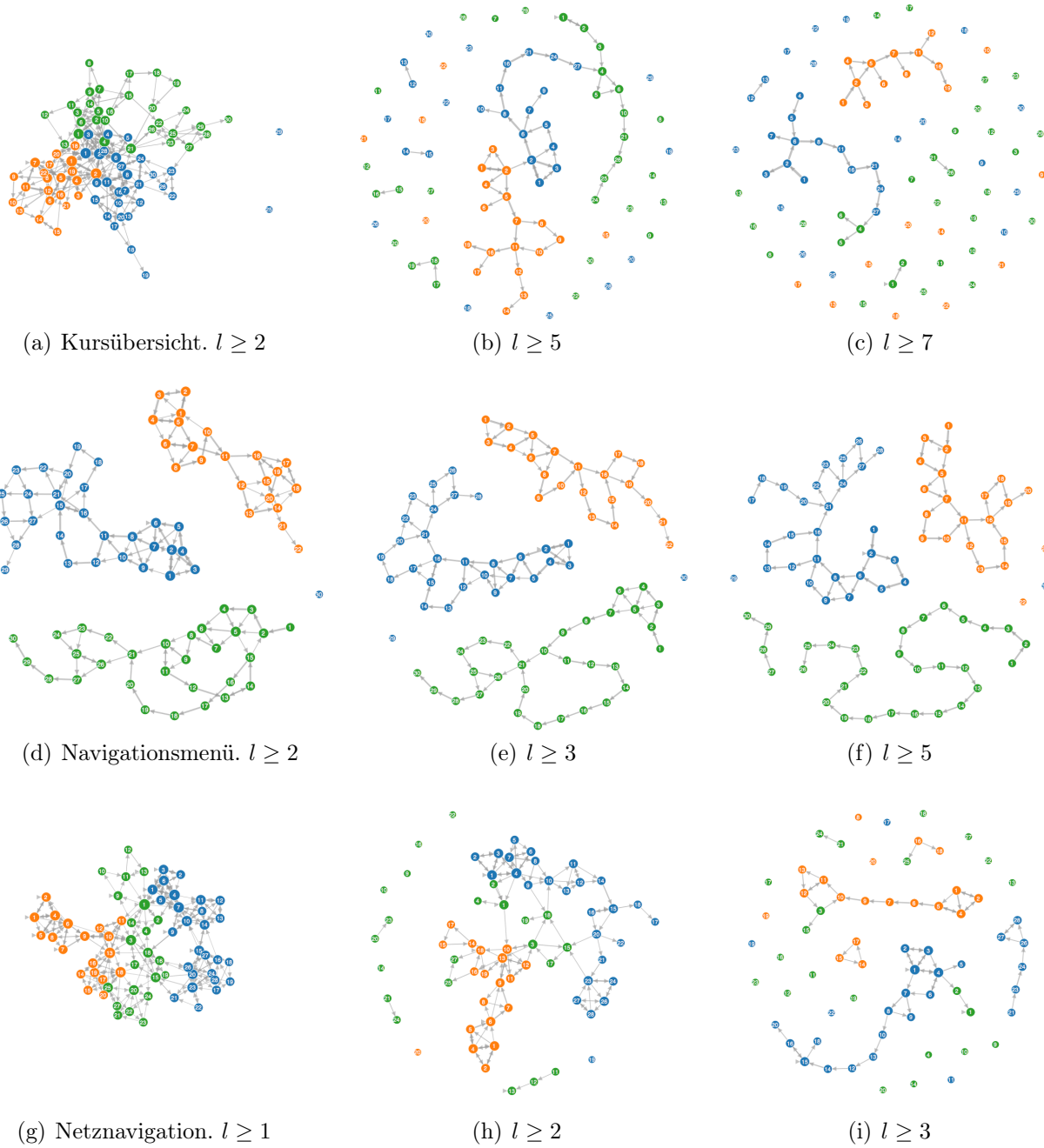


Abbildung 5.6: Navigationsnetze der verschiedenen Navigationsarten. Es werden nur Verbindungen dargestellt, für die mindestens l Navigationsschritte gezählt wurden. Die Untergrenzen der Navigationsschritte sind in Abhängigkeit der Anzahl von Navigationsschritten mit der jeweiligen Navigationsart festgelegt, so dass sich die Navigationsarten spaltenweise vergleichen lassen.

Abkürzung	Bedeutung
intern	Navigationsschritte innerhalb des Themenbereichs
extern	Navigationsschritte zwischen verschiedenen Themenbereichen
seriell	Navigation entlang einer Gliederung
global	Nicht-serielle Navigation
Text	Textbasierte Lernaktivitäten
SK	Selbstkontrollen
IA	Interaktive Lernaktivitäten
Exp.	Versuchsbeschreibungen
Anim.	Animationen
V & P	Videos & Podcasts
PDF	PDF-Dokumente
KB	Klinische Bezüge

Tabelle 5.10: Bedeutung der Abkürzungen und Begriffe der individuellen Navigationsanalyse

der Netznavigation wurde nicht seriell navigiert, jedoch ließ sich kein Zusammenhang von Netznavigation und externer Navigation erkennen. Weitere Beziehungen zwischen Navigationsart, Navigationsverhalten und besuchten Lernaktivitäten wurden nicht sichtbar, ebenso wie beim Zusammenhang zwischen der Navigation der Teilnehmer und deren Testergebnissen.

5.3 Bewertung des LMUdle-Kurses und der Lehre

5.3.1 Beurteilung des LMUdle-Kurses

Es wurden nur die Stimmen der Teilnehmer gewertet, die mindestens zehn Lernaktivitäten des LMUdle-Kurses besucht haben. Die Mittelwerte der Antworten sind der Abbildung 5.7 zu entnehmen. Die Frage, ob die Teilnehmer Online-Materialien wie den LMUdle-Kurs traditionellen Lernmaterialien vorziehen, wurde recht deutlich verneint. Andererseits wurde ebenfalls verneint, dass die Verwendung des LMUdle-Kurses beim Verstehen der Lerninhalte nicht geholfen hatte. Die verbleibenden Antworten zeigten eine deutliche Tendenz zur Mitte.

5.3.2 Analyse der geringen Beteiligung

Während der Durchführung der Studie wurde eine geringe Teilnahme am LMUdle-Kurs festgestellt. Um mehr über die Gründe dieses Umstandes zu erfahren, wurden diesbezüglich zusätzliche Fragen (Multiple Choice und Freitext) gestellt. Für die Auswertung wurden alle verfügbaren Stimmen berücksichtigt.

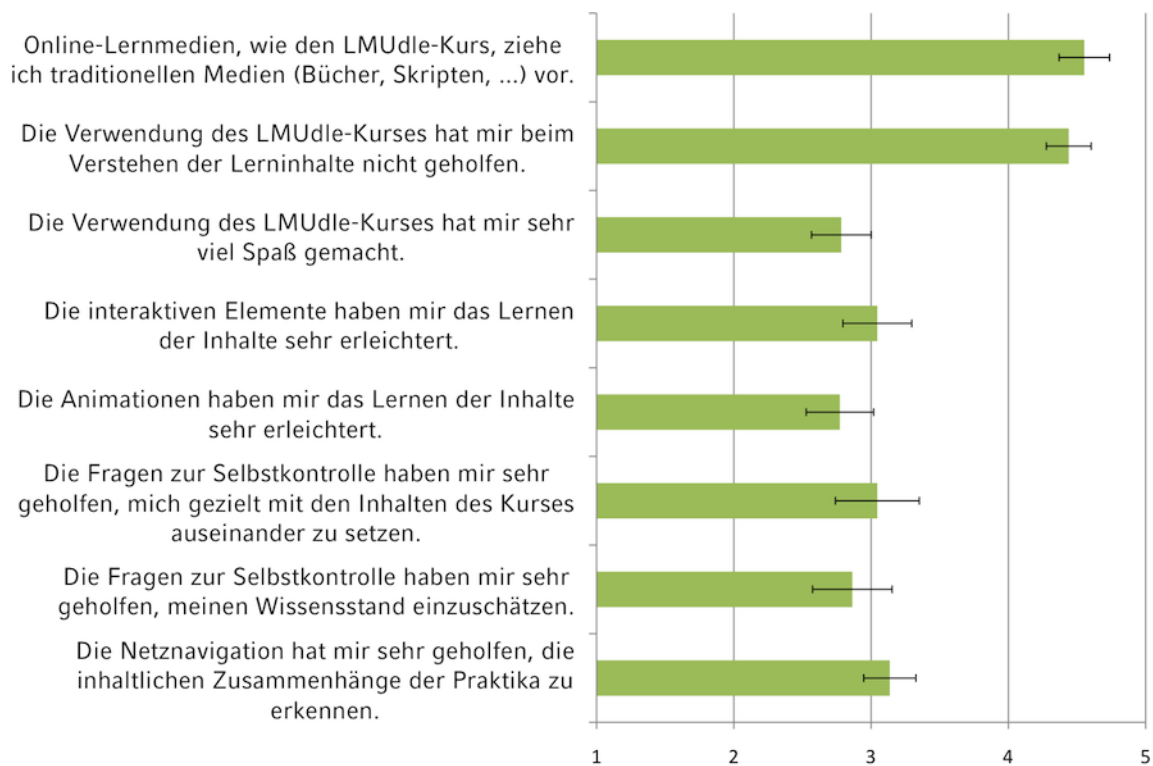


Abbildung 5.7: Die Mittelwerte (mit zweiseitigem Standardfehler) der Fragen zur Beurteilung des LMUdle-Kurses. 1=„trifft voll zu“, 5=„trifft gar nicht zu“

Multiple Choice Fragen Die Gründe für die niedrige Verwendung des LMUdle-Kurses wird durch Abbildung 5.8 veranschaulicht. Das Diagramm zeigt, dass den Teilnehmern kaum von der Nutzung abgeraten wurde, sie stattdessen mehrheitlich von dem Angebot gehört und die Qualität der Inhalte wenig angezweifelt haben. Außerdem wurde der LMUdle-Kurs tendenziell nicht als überflüssig angesehen, sondern für nützlich und hilfreich erachtet. Ebenso konnte eine generelle Abneigung gegenüber der Mecum Moodle Lernplattform der Medizinischen Fakultät tendenziell verneint werden. Die verbleibenden Antworten tendierten zur Mitte.

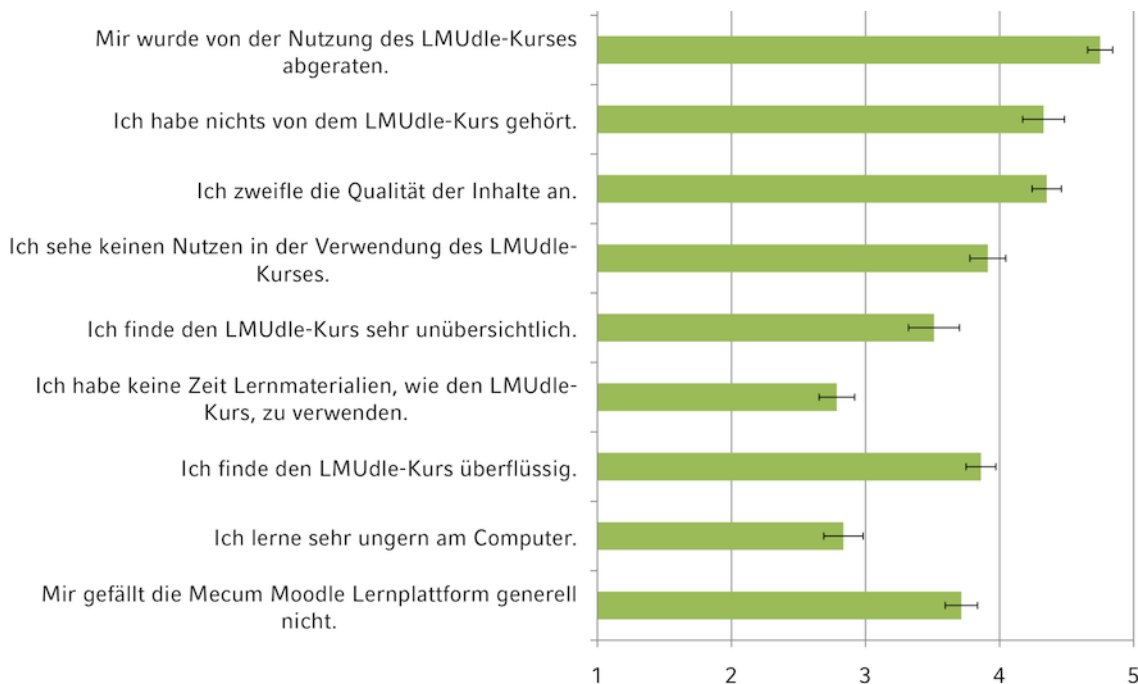


Abbildung 5.8: Die Mittelwerte (mit zweiseitigem Standardfehler) der Fragen zu Gründen für die geringe Beteiligung am LMUdle-Kurs. 1=„trifft voll zu“, 5=„trifft gar nicht zu“

Offene Fragen Die Frage „Ich habe den LMUdle-Kurs *Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik* nicht bzw. wenig genutzt, weil...“ wurde von den Teilnehmern, wie in Tabelle 5.11 angegeben, beantwortet. Als mit Abstand häufigste Begründung für die geringe Nutzung des LMUdle-Kurses wurde der Zeitmangel genannt. Weitere Gründe waren eine fehlende Auseinandersetzung mit dem Angebot, der Vorzug anderer Lernmaterialien (z.B. Bücher) sowie ein Überangebot an Lernmaterialien. Außerdem war der LMUdle-Kurs einigen Teilnehmern nicht bekannt, während andere ungern am Computer lernen oder den LMUdle-Kurs optisch nicht ansprechend empfanden.

Auf die Frage „Ich würde den LMUdle-Kurs *Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik* intensiver nutzen, wenn...“ antworteten die Teilnehmer wie in Tabelle 5.12 aufgeführt.

Anzahl	Antwort
34	ich zu wenig Zeit hatte
13	ich mich noch nicht damit befasst habe
13	ich lieber mit Büchern usw. lerne
11	es zu viele (unwichtige) Materialien gibt
8	mir das Angebot unbekannt war
6	ich ungern am Computer lerne
3	er optisch nicht ansprechend ist
1	mir unklar war, worum es sich dabei handelt
1	ich keine Verständnisprobleme habe
1	ich die Netznavigation nicht verstanden habe
1	ich kein Interesse an fächerübergreifenden Verknüpfungen habe

Tabelle 5.11: Gründe der Teilnehmer für die geringe Nutzung des LMUdle-Kurses und die Anzahl ihrer Nennungen. „Ich habe den LMUdle-Kurs *Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik* nicht bzw. wenig genutzt, weil...“

Die wichtigste Bedingung für eine gesteigerte Nutzung des LMUdle-Kurses war, ausreichend Zeit dafür zu haben. Mit großem Abstand folgte die Klausurrelevanz der Inhalte und die Kenntnis des Angebots. Darüber hinaus sollte der Kurs enger mit den Lehrveranstaltungen verknüpft sein und Inhalte (v. a. Fragen) zum gesamten Praktikum enthalten. Auch bei Verständnisproblemen und der Klausurvorbereitung wäre die Nutzung für die Teilnehmer interessant.

5.4 Lernverhalten

Für die Auswertung des Lernverhaltens wurden alle ausgefüllten Fragebogen der beiden Jahrgänge berücksichtigt.

5.4.1 Verwendete Lernmaterialien

Die Intensität des Vorlesungsbesuchs sowie die Antworten auf die Frage „Wie intensiv haben Sie die folgenden Materialien beim Lernen für die Praktika verwendet?“ sind in Abbildung 5.9 dargestellt. Demnach haben die Teilnehmer hauptsächlich mit dem Physikskript und Lehrbüchern gearbeitet, während Fachartikel und der LMUdle-Kurs „Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik“ kaum verwendet wurden. Auch dienten Online-Inhalte und die eigenen Aufzeichnungen tendenziell weniger zum Lernen. Für das Physiologie-Skript und Altklausur- bzw. Physikumsfragen zeigte sich eine Tendenz zur Mitte. Ebenfalls die Intensität des Vorlesungsbesuchs wich nur geringfügig vom Mittelwert der Skala ab.

Anzahl	Antwort
19	ich mehr Zeit hätte
7	er sicher klausurrelevant wäre
5	ich davon gewusst hätte
3	er enger mit den Lehrveranstaltungen verknüpft wäre
3	ich Verständnisprobleme hätte
2	die Inhalte (v.a. Fragen) für das gesamte Praktikum enthalten wären
2	ich auf die Klausur lerne
1	ich meine Kenntnisse vertiefen möchte
1	komplexere Inhalte behandelt würden
1	weniger Text und mehr Video und Animationen enthalten wären
1	Inhalte anders als in den Lehrveranstaltungen erklärt würden
1	er optisch ansprechender wäre
1	der Ruf besser wäre
1	ich dafür weniger Stoff im Praktikum lernen müsste
1	man eine Quelle für alle Lernmaterialien hätte
1	Zusammenfassungen enthalten wären
1	er nicht nur über das Internet angeboten würde

Tabelle 5.12: Gründe der Teilnehmer für eine intensivere Nutzung des LMUdle-Kurses und die Anzahl ihrer Nennungen. „Ich würde den LMUdle-Kurs *Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik* intensiver nutzen, wenn...“

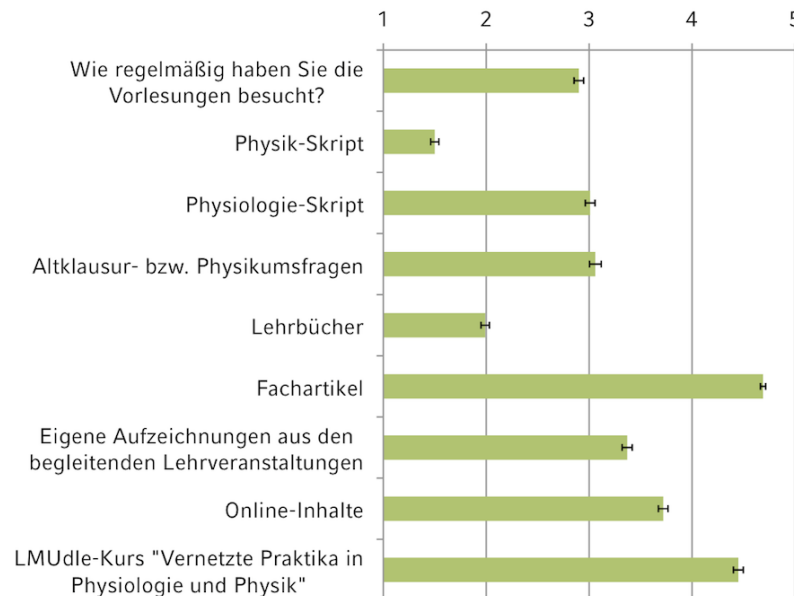


Abbildung 5.9: Mittelwerte der Intensität der Nutzung (mit zweiseitigem Standardfehler) der verwendeten Lernmaterialien. 1=„immer“, 5=„gar nicht“

5.4.2 Zeitaufwand für das Selbststudium

Ein Vergleich der für das Selbststudium aufgewendeten Zeit der Gruppen *LMUdle* und *Traditionell* zeigte, dass die Teilnehmer der *LMUdle*-Gruppe sehr signifikant mehr Zeit für das Selbststudium aufgewendet haben als die Teilnehmer der Gruppe *Traditionell* ($U = 3168,000; p = 0,001 < 0,01$). Abbildung 5.10 zeigt die relativen Häufigkeiten der Antworten auf die Frage „Welche Zeit haben Sie sich für das Selbststudium für die Praktika in Physik und Physiologie genommen?“. Der Median der Gruppe *LMUdle* betrug $Md = 4$ („mehr als 4 Stunden pro Woche“), während sich für die Gruppe *Traditionell* ein Wert von $Md = 3$ („zwischen 2 und 4 Stunden pro Woche“) ergab.

5.4.3 Effektivität des Lernens

Die Abhängigkeit des Wissenszuwachses der beiden Gruppen *LMUdle* und *Traditionell* von der aufgewendeten Zeit für das Selbststudium wird in Abbildung 5.11 dargestellt. Sie zeigt, dass *LMUdle*-Teilnehmer bei gleichem Zeitaufwand tendenziell einen größeren Wissenszuwachs aufwiesen. Für „mehr als 4 Stunden pro Woche“ war dieser Unterschied signifikant ($U = 1481,000; p = 0,026 < 0,05$). Versteht man die Effektivität des Lernens als erreichten Wissenszuwachs bezogen auf den Zeitaufwand für das Selbststudium, so ergab sich, dass die Teilnehmer der Gruppe *LMUdle* gegenüber den *Traditionell*-Teilnehmern tendenziell effektiver gelernt haben.

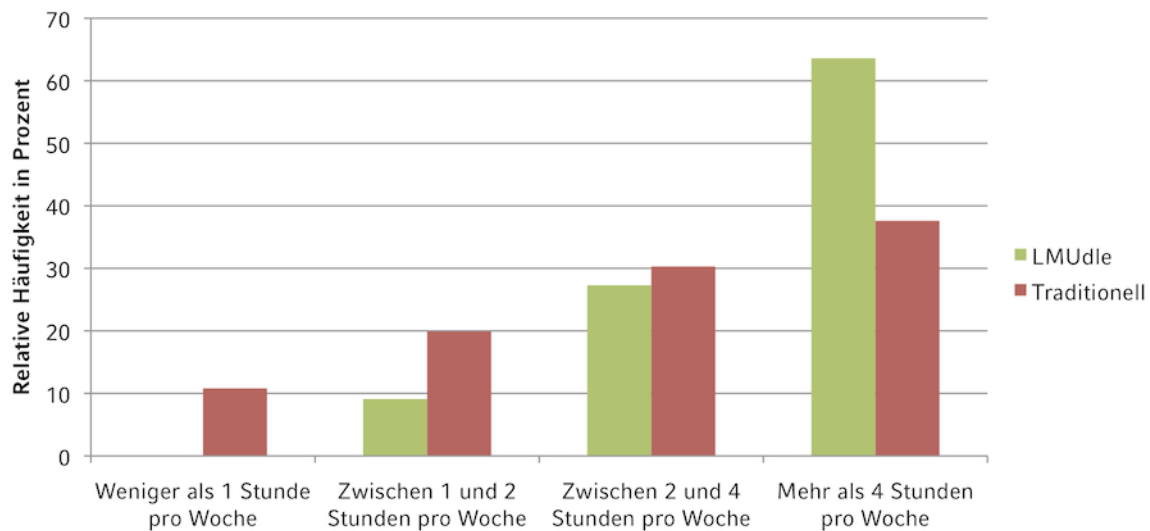


Abbildung 5.10: Vergleich der relativen Häufigkeiten des Zeitaufwandes für das Selbststudium der Gruppen *LMUdle* und *Traditionell*.

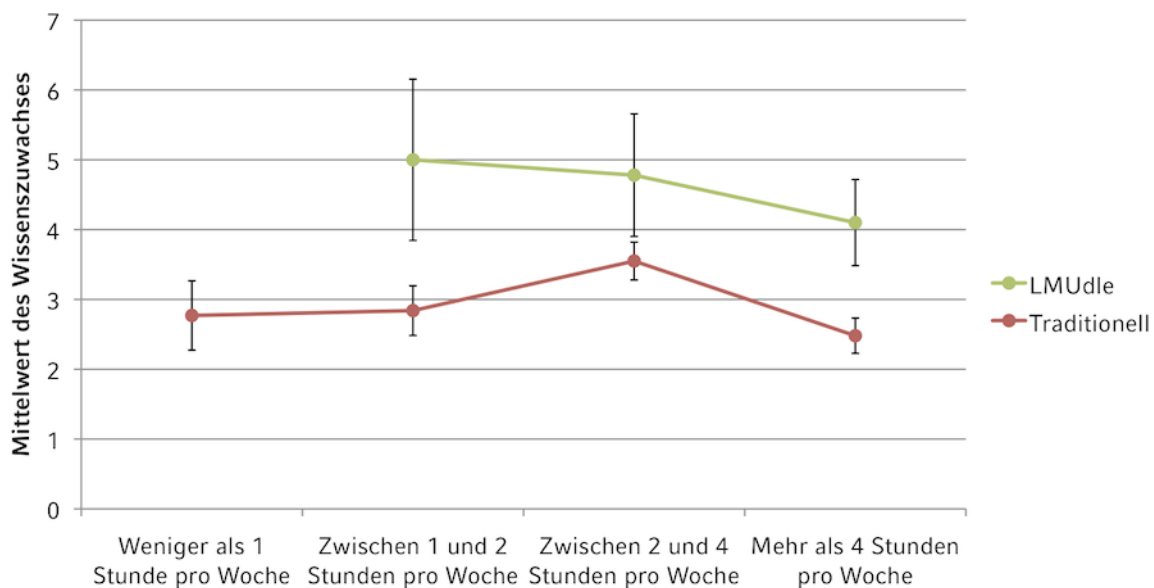


Abbildung 5.11: Vergleich der Abhängigkeit des Wissenszuwachses der Gruppen *LMUdle* und *Traditionell* von ihrem Zeitaufwand für das Selbststudium. Es ist jeweils der Mittelwert mit zweiseitigem Standardfehler abgebildet.

Kapitel 6

Diskussion

6.1 Steigerung des Wissenszuwachses

Der Nutzen der Verwendung von Hypermedia in der Lehre wird in der Literatur kritisch diskutiert [19] oder sogar angezweifelt [71]. Demgegenüber stehen zahlreiche Belege für positive Effekte von Multimedia auf Lern- und Gedächtnisprozesse [12]. Mithilfe des Wissens-tests konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass die Verwendung des LMUdle-Kurses einen positiven Einfluss auf den Wissenszuwachs hat. Dieses Ergebnis stützt die Resultate von Studien, die von höheren Bestehensquoten [72], tieferem Verständnis [73] und allgemein besseren Ergebnissen [74] bei der Verwendung von Hypermedia berichten.

Die Stichproben *LMUdle-Nutzer* und *Traditionell* unterschieden sich im Vorwissen nicht, während die *LMUdle-Nutzer* im Nachtest erfolgreicher abschnitten und damit einen höheren Wissenszuwachs hatten. Dies gilt sowohl für den gesamten Test als auch für dessen Transferteil; es zeigt sich jeweils ein signifikanter Effekt mittlerer Größe. Im Physiologie- und Physikteil lassen sich nicht signifikante Tendenzen kleiner Effektgröße erkennen.

Bei einer detaillierteren Betrachtung des Wissenszuwachses anhand der einzelnen Testfragen deutet sich an, dass die *LMUdle*-Teilnehmer bei nahezu allen Themenbereichen mit sehr großem Wissenszuwachs offensichtlich mehr dazugelernt haben als Teilnehmer der Stichprobe *Traditionell* (vgl. Abb. 5.2). Selbstgesteuertes Lernen mithilfe des LMUdle-Kurses unterstützt daher scheinbar insbesondere das Erlernen unbekannter Inhalte.

6.2 Zusammenhang von Fachwissen und Transfer

Die Korrelationen der Bereichspunktzahlen im Nachtest deuten mit sehr hoch signifikanten Effekten mittlerer Größe auf Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen und der Transferleistung.

Um diese Situation realitätsnäher zu modellieren, wurde ein Pfaddiagramm erstellt, in welches das Physiologiewissen, das Physikwissen und die Transferleistung als latente Variablen integriert wurden (vgl. Abbildung 5.1), von denen angenommen wird, dass sie einen Ein-

fluss auf die Testfragen des jeweiligen Bereichs haben. Bei einem kausalen Zusammenhang von Variable X auf Variable Y wirkt sich die Ausprägung von Variable X über Variable Y auch auf deren Indikatorvariablen (Testfragen) aus. Wird die Anpassungsgüte des Modells über χ^2/df und den RSMEA beurteilt, so sind die Modelle A-C (vgl. Abb. 5.1) gleichwertig, womit ein kausaler Zusammenhang von Physiologie und Transfer sowie Physik und Transfer bestätigt wird. Die Richtung des Zusammenhangs ist jedoch auf diese Weise nicht zu ermitteln. Deswegen wurden die Critical Ratios der geschätzten Parameter betrachtet. Mithilfe dieses Verfahrens wurde Modell A ausgewählt, welches von einer Wirkung der Transferleistung auf das jeweilige Fachwissen in Physiologie und Physik ausgeht. Die Pfadkoeffizienten zwischen den Bereichen zeigen als standardisierte Regressionskoeffizienten große Effekte an.

Anhand der Leistung im Transferbereich ist es also möglich auf das Wissen in Physiologie oder Physik zu schließen. Diese Erkenntnis könnte man sich in Prüfungen zu Nutze machen. Eine weitere Interpretation zielt auf die Repräsentation von Wissen im Gedächtnis ab. So ist es denkbar, dass Fachwissen nicht separiert abgespeichert, sondern in fächerübergreifenden Kontexten angelegt ist. Mit steigender Fähigkeit zum Transfer könnte dann ebenfalls die Ausprägung des Fachwissens steigen.

In jedem Fall spielt der Transfer nachweislich eine wichtige, gewissermaßen Brücken schlagende, Rolle im interdisziplinären Zusammenhang der Praktika in Physiologie und Physik.

6.3 Fächerübergreifende Navigation in Moodle

Geht man davon aus, dass Lehrveranstaltungen in Moodle durch Kurse repräsentiert werden, wie es auf der *LMUdle*-Lernplattform der Fall ist, so gibt es neben Links im Text in der Standarddistribution von Moodle keine weitere Möglichkeit direkt von einem Kurs in einen anderen Kurs zu navigieren. Diese Form der kursübergreifenden Navigation macht jedoch die Orientierung im Wissensnetz der Lernplattform nahezu unmöglich. Insbesondere nach mehrmaligem Folgen solcher Links ist die Gefahr für die Studierenden groß, sich “lost in hyperspace” zu fühlen.

Die in dieser Arbeit entwickelte Moodle-Erweiterung „Netznavigation“ bietet eine interaktive und dynamisch generierte Concept Map zur kursübergreifenden und kursinternen Navigation. Dabei steht das aktuelle Thema im Mittelpunkt, die semantischen Relationen zu anderen Lernobjekten der Moodle-Plattform sowie deren Verknüpfungen werden in Netzform angezeigt. Die Studierenden können sich auf diese Weise beim Navigieren einen Überblick über die Zusammenhänge der Lernobjekte verschaffen und haben die Möglichkeit sich jederzeit im Wissensnetz zu orientieren. Studien konnten zeigen, dass die Verwendung von Concept Maps als Navigationsunterstützung positive Effekte auf den Lernprozess hat und Lernende mehr Spaß an der Verwendung einer hypermedialen Lernumgebung haben [30, 75].

Neben der beiden genannten Navigationsformen enthält der *LMUdle*-Kurs das Navigationsmenü, die Kursübersicht mit Links zu den Lernobjekten und die Pfadnavigation (vgl. Abschnitt 3.2). So werden den Studierenden verschiedene Möglichkeiten zur Navigation an-

geboten, um den individuellen Bedürfnissen gerecht zu werden, welche von Untersuchungen bezüglich Lerntyp und Vorwissen bestätigt wurden [73, 76, 77].

Die Auswertung des Navigationsverhaltens zeigt, dass die Studierenden hauptsächlich Gebrauch von der Navigation mittels Kursübersicht (44,5 %) machten, gefolgt vom Navigationsmenü (30,6 %). Nur 17,9 % aller Navigationsschritte wurden mit dem Navigationsnetz vollzogen. Eine Begründung hierfür könnte die Vertrautheit der Studierenden mit den bekannten Navigationsformen sein, da die Studierenden seit dem ersten Semester mit der *LMUdle*-Plattform arbeiten.

Kursübergreifende Navigation ist mit dem Navigationsmenü nicht möglich. Ein Vergleich des Verhältnisses von der Anzahl fächerübergreifender Links zu der Anzahl fachinterner Links der beiden Navigationsformen Kursübersicht und Netznavigation ergibt für die Kursübersicht eine konstante Quote von ca. 11 % zwischen allen drei Versuchstagen. Bei Verwendung der Netznavigation ist das Verhältnis von starken Schwankungen zwischen den verschiedenen Versuchstagen geprägt. Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass mithilfe der Netznavigation eine sinnvoll themengeleitete fächerübergreifende Navigation erreicht wird, während die Kursübersicht dazu verleitet “auf gut Glück” das passende Lernobjekt im anderen Fach zu wählen. Dabei können sich die Studierenden in der Kursübersicht nur am Titel des Lernobjekts orientieren. Die Netznavigation bietet dagegen schon inhaltliche Beziehungen an und erleichtert somit die themenzentrierte Auswahl.

Die Untersuchung der Struktur des Navigationsverhaltens der Studierenden ergibt, dass mit der Netznavigation ein deutlich höheres Maß an Vernetzung beim Navigieren erreicht wurde als mit anderen Navigationsformen.

Die Visualisierung der Navigationsschritte der Teilnehmer in Netzform macht sichtbar, dass die fachinterne Navigation mithilfe des Navigationsmenüs eine Struktur aufweist, die sich durch eine lineare Form mit schleifenförmigen Abzweigungen auszeichnet. Dabei fällt auf, dass physikalische Themen in der Navigationsstruktur deutlich stärker vernetzt sind als physiologische. Außerdem zeigt sich, dass die Studierenden bei dieser Navigationsform gehäuft die gleichen Navigationsschritte vollzogen, was mit der, im Vergleich zu anderen Navigationsformen, geringeren Anzahl an verfügbaren Links begründet werden kann. Die Navigationsstruktur der Kursübersicht zeichnet sich durch eine hohe Anzahl an wenig vollzogenen Navigationsschritten aus. Mehrfach registrierte Navigationsschritte sind eher serieller, fachinterner Natur und zeigen Ansätze von Schleifen, wie die Struktur des Navigationsmenüs, doch wesentlich weniger stark ausgebildet. Die Navigation mithilfe des Navigationsnetzes zeigt eine andere Qualität und lässt eine gut ausgebildete fachinterne und fächerübergreifende Navigation erkennen. Auch hier sind die Lernobjekte aus der Physik häufiger gewählt worden als die der Physiologie.

Aufgrund dieser Beobachtungen lässt sich folgern, dass die Netznavigation die Studierenden eher dazu ermutigte, sich beim Navigieren von einer Reihenfolge, wie dem Navigationsmenü oder der Kursübersicht, zu lösen und die Lernobjekte themen- bzw. interessenorientiert auszuwählen.

Das individuelle Navigationsverhalten der Teilnehmer zeigt, dass die Studierenden häufig eine bestimmte Navigationsart bevorzugten. Da die Studierenden mit der Netznavigation weniger vertraut waren als mit anderen Navigationsformen, kann man davon ausgehen, dass mit zunehmenden Bekanntheitsgrad der Netznavigation auch die Wahl der bevorzugten Navigationsart wesentlich häufiger auf die Netznavigation fallen wird.

Es soll an dieser Stelle noch angemerkt werden, dass die fächerübergreifende Navigation im verwendeten LMUdle-Kurs mittels der Kursübersicht nur möglich war, weil die Lernobjekte der Praktikumsversuche für Physik und Physiologie für diese Studie in einem (Test-)Kurs angelegt wurden. Dies entspricht aber nicht der gebräuchlichen Ordnung, in der jeder Lehrveranstaltung ein eigener Kurs zugeordnet wird. Eine fächerübergreifende Navigation ist also ohne die Erweiterung nicht möglich, wenn man von Links im Text absieht.

6.4 Bevorzugte Lernobjekte

Grundsätzlich haben die Studierenden deutlich mehr Lernobjekte zu den Versuchstagen der Physik als Inhalte aus der Physiologie aufgerufen. Demnach scheint ein höherer Bedarf an Lernhilfen bzw. -materialien in der Physik zu bestehen. Dies ist in Anbetracht des Curriculums nachvollziehbar, da das Physiologiepraktikum aus einer Vorbesprechung, dem praktischen Teil und einer Nachbesprechung besteht. Außerdem wird eine Vorlesung angeboten und es werden Seminare abgehalten. Auf Seite der Physik absolvieren die Studierenden lediglich den praktischen Teil und bereiten sich selbstständig auf die Versuche und deren Auswertung vor. Es wird zwar ebenfalls eine Vorlesung gehalten, diese ist jedoch vom Umfang wesentlich geringer als die der Physiologie und weniger eng auf die Praktikumsinhalte abgestimmt.

Einen weiteren Einfluss auf die Wahl der Lernobjekte hat die Darstellung in der Kursübersicht. So wurden strukturell hervorgehobene Lernobjekte, z. B. die ersten Links einer Liste oder nicht eingerückte Lernaktivitäten, häufiger besucht als andere. Die Navigationsentscheidung lässt sich also durch einfache Variation in der Präsentation beeinflussen. Eine genauere Untersuchung dieses Effekts könnte eine gezielte Nutzung ermöglichen, welche die Studierenden beim Navigieren unterstützt. Studien in dieser Richtung des sog. *adaptive link sorting* und *adaptive link hiding* [41], wie sie z. B. von Graf et al. [78] durchgeführt wurden, bestätigen den positiven Effekt solcher Maßnahmen.

Sehr große Unterschiede machten die Studierenden bei der Wahl der Art des Lernobjekts. Selbstkontrollen waren mit Abstand die beliebteste Lernaktivität. Es folgen Textseiten, Video & Podcast und schließlich Animationen, interaktive Elemente und Versuchsbeschreibungen. Am unbeliebtesten waren PDF-Dokumente und klinische Bezüge. Ein primäres Ziel der Studierenden ist sicherlich das Bestehen der Abschlussklausur [29], wodurch die Rückmeldung zum eigenen Kenntnisstand an Bedeutung gewinnt. Zum Klären

von Unsicherheiten sind Texte ein Mittel, welches im Studium fast ausschließlich verwendet wird und damit ein gut erprobtes und effektives Lernmaterial darstellt, auf das sich die Studierenden verlassen können. Auch Video & Podcast ist in den Zeiten von YouTube [79], Vimeo [80] usw. ein etabliertes Massenmedium, das von vielen Benutzern täglich verwendet wird und sich in der Wahl der Lernaktivitäten des LMUdle-Kurses widerspiegelt.

Animationen und interaktive Elemente dagegen sind als Lernmaterialien noch kaum in die Lehre integriert, was unter anderem am relativ hohen Produktionsaufwand liegen kann. Bei der Verwendung interaktiver Lernobjekte Dritter ist damit zu rechnen, dass diese inhaltlich und methodisch auf eine andere Lehrveranstaltung abgestimmt sind. Die Animationen im LMUdle-Kurs sind zu großen Teilen in englischer Sprache erstellt, was Studierende ebenfalls von der Verwendung abhalten könnte. Dennoch sind gerade die interaktiven Elemente eines der Hauptmerkmale, welche hypermediale Lernumgebungen von traditionellen Medien unterscheiden. Aufgrund ihrer aktiven Komponente ermöglichen sie eine höhere Intensität der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand und sollten als Lernmaterial nicht vernachlässigt werden.

Wenig Interesse besteht überraschenderweise an den klinischen Bezügen, was auch an der geringeren Nachfrage physiologischer Inhalte liegen kann. Andererseits ist das Praktikum Teil der vorklinischen Ausbildung, in der die Grundlagen vermittelt werden und daher möglicherweise nur geringfügiges Interesse an klinischen Inhalten besteht.

6.5 Effektiver Lernen mit Hypermedia

Nutzer des LMUdle-Kurses haben sich im Durchschnitt mehr Zeit für das Selbststudium genommen, was jedoch nicht als Argument für das bessere Abschneiden im Wissenstest gesehen werden kann. Denn ein Vergleich der Gruppen *LMUdle* und *Traditionell* im Wissenszuwachs in Abhängigkeit der aufgewendeten Zeit für das Selbststudium ergibt, dass die *LMUdle*-Teilnehmer bei gleichem Zeitaufwand bessere Ergebnisse erzielen konnten als Studierende der Gruppe *Traditionell*.

Das Lernen mithilfe einer hypermedialen Lernumgebung wie dem LMUdle-Kurs kann mit diesen Ergebnissen also als effektiver angesehen werden als das Lernen mit traditionellen Medien.

6.6 Bedürfnisse der Studierenden

Grundsätzlich werden Online-Lernmedien gegenüber traditionellen Medien von den Studierenden nicht bevorzugt. Betrachtet man die LMUdle-Lernplattform oder viele andere “Online-Lernmedien”, so ist dies nicht verwunderlich, denn diese gehen selten über Linksammlungen zu PDF-Dokumenten hinaus. In diesem Fall hat ein gutes Buch in der Regel einiges mehr zu bieten. Bei der Verwendung des LMUdle-Kurses zeigt sich jedoch ein anderes Bild. So berichten die Studierenden, dass ihnen der LMUdle-Kurs geholfen hat die Lerninhalte zu verstehen. Bezüglich der Bevorzugung der einzelnen Arten von Lernob-

jekten zeigen sich keine zweigipfligen Verteilungen, so dass die Tendenz der Mittelwerte zur Mitte der Bewertungsskala als Ergebnis der natürlichen Unterschiede der individuellen Präferenzen der Studierenden interpretiert werden kann. D.h. während einige lieber mit Texten lernen, bevorzugen andere Animationen und wieder andere kommen mit beidem gleichermaßen zurecht. Dieses Ergebnis scheint plausibel und sollte in der Gestaltung von Lernumgebungen berücksichtigt werden, um den verschiedenen Bedürfnissen der Lerner gerecht zu werden.

Da die Anzahl der Nutzer des LMUdle-Kurses relativ gering war, wurden die Studierenden nach Gründen hierfür befragt. Es zeigt sich, dass der Kurs von den Studierenden als nützlich angesehen wurde und es keine Zweifel an seiner Qualität gab. Der Hauptgrund für die geringe Beteiligung war der Mangel an Zeit. So wurde von Studierenden auch der Wunsch geäußert, den Anteil der Lehrveranstaltungen mit Anwesenheitspflicht zu verringern und stattdessen mehr E-Learning-Alternativen anzubieten. Außerdem wurde deutlich, dass die Relevanz der Inhalte des LMUdle-Kurses für die Studierenden steigen würde, wenn es einen direkten Bezug zur Klausur gäbe. Diese Ergebnisse werden durch eine Studie unter ähnlichen Voraussetzungen bestätigt [81] und deuten darauf hin, dass Lehrmaterialien sich am primären Ziel der Studierenden, gute Noten zu erreichen [29], orientieren sollten, um stärker genutzt zu werden.

6.7 Integration von Hypermedia in die bestehende Lehre

Die Durchführung dieser Studie zeigt, dass es nicht ausreicht, eine hypermediale Lernumgebung wie den LMUdle-Kurs nur als zusätzliches Lernmaterial anzubieten. Die durchgeführten Werbemaßnahmen, wie die persönliche Information zu Beginn des Praktikums gefolgt von einer E-Mail, zeigten nur geringe Wirkung. Ein größerer Zuwachs an Interesse ließ sich nach Erinnerungs-Nachrichten des Studiendekans beobachten, der sich durch eine größere Anzahl an Anmeldungen bemerkbar machte. Ebenso wurden Plakate mit einem QR-Code, der direkt auf den LMUdle-Kurs verlinkt, verwendet. Letztendlich führt die Summe dieser Maßnahmen dazu, dass ca. 10 % der Zielgruppe das Angebot angemessen nutzten und ca. 65 % sich wenigstens einmal im Kurs anmeldeten.

Darüber hinaus wurde ein „Gefällt mir-Button“ im Kurs integriert, über den Studierende im sozialen Netzwerk Facebook [82] zeigen konnten, dass sie den Kurs gut finden. Diese Buttons werden in privaten Zusammenhängen von vielen Benutzern häufig verwendet, jedoch hat keiner der Studierenden im LMUdle-Kurs den „Gefällt mir-Button“ angeklickt. Dafür kann es unter anderem zwei mögliche Gründe geben. Entweder der Kurs gefiel den Studierenden wirklich nicht, was wiederum den Ergebnissen der Studie widersprechen würde, oder die Studierenden trennen zwischen Studium und Freizeitbeschäftigung. Als Werbemaßnahme hat sich der Button in dieser Arbeit als ungeeignet herausgestellt.

Vor dem Hintergrund des Entwicklungsaufwands des LMUdle-Kurses mit den notwendigen Moodle-Erweiterungen kann die Anzahl der Nutzer nicht zufriedenstellend sein. Ursachen sind in der Methode der Integration zu suchen, da Qualität und Nutzen des Angebots von den Studierenden nicht angezweifelt wurden. Wie lässt sich also die Motivation der Studierenden steigern, den LMUdle-Kurs und ähnliche Angebote zu nutzen?

Die Befragung der Teilnehmer machte deutlich, dass sie der hypermedialen Lernumgebung keine ausreichend hohe Relevanz zuordnen, um ihr angemessen Zeit zu widmen. Der Bezug zu den Präsenzveranstaltungen, und damit der individuelle Nutzen durch die Verwendung des Kurses prüfungsrelevante Inhalte zu lernen, erschließt sich scheinbar dem Großteil der Studierenden nicht. Sie halten sich lieber an Vorlesungsfolien und ähnliche Begleitmaterialien der Dozenten zu den Lehrveranstaltungen. Tabelle 6.1 verdeutlicht dieses Verhalten, indem sie die Anzahl der Zugriffe auf Lernobjekte der konventionellen Moodle-Kurse zur Neurophysiologie im Wintersemester 2011/12 mit denen des LMUdle-Kurses vergleichen lässt. Die Kurse „Vorlesung“, „Seminare“ und „Praktikum“ enthalten fast aus-

Monat	Vorlesung	Seminare	Praktikum	LMUdle-Kurs
Oktober	4790	14387	3626	179
November	4402	8509	2890	12564
Dezember	3491	1991	1638	1416

Tabelle 6.1: Zugriffe der Teilnehmer auf die Lernobjekte der Moodle-Kurse zur Neurophysiologie im Wintersemester 2011/12.

schließlich Präsentationsfolien in Form von PDF-Dokumenten. Diese Lernobjekte werden in der Regel einmal heruntergeladen und dann lokal für die weitere Verwendung gespeichert. Im Gegensatz dazu werden die Lernobjekte des LMUdle-Kurses normalerweise online betrachtet und somit tendenziell häufiger aufgerufen. Unter Berücksichtigung des Beginns der Lehrveranstaltungen (17.10.2011) und der Klausurtermine in Physiologie (09.12.2011) und Physik (02.12.2011) zeigen die Zugriffszahlen für die Vorlesung, die Seminare und das Praktikum eine erhöhte Nachfrage zu Beginn des Semesters und vor der Klausur. Diese Beobachtung lässt sich bei der Verwendung des LMUdle-Kurses nicht machen; er wurde hauptsächlich im November und damit parallel zu den Lehrveranstaltungen verwendet.

Mussten sich die Studierenden aufgrund von Zeitmangel (z. B. vor einer Klausur) für bestimmte Materialien entscheiden, griffen sie eher auf Materialien aus den Lehrveranstaltungen zurück. Aus diesem Grund ist es für eine erfolgreiche Integration hypermedialer Lernumgebungen wie den LMUdle-Kurs erforderlich, diese Angebote in die Lehre zu integrieren. So könnte ein Dozent beispielsweise eine Animation oder einen Film vorführen, in dem er über den LMUdle-Kurs auf diesen zugreift. Den Studierenden würde auf diese Weise der Bezug des LMUdle-Kurses zu den Lehrveranstaltungen eindeutig vermittelt. Darüber hinaus sind die Online-Ressourcen des LMUdle-Kurses für Dozenten und Studie-

rende von überall aus erreichbar und immer aktuell. Hierfür ist natürlich die Qualifizierung der Lehrenden im Umgang mit dem verwendeten LMS notwendig. Speziell für die LMUdle-Lernplattform der medizinischen Fakultät existiert eine dauerhafte und flexible Unterstützung [83].

Ein weiterer notwendiger Schritt für den nachhaltigen Einsatz von LMUdle-Kursen ist die Erweiterung des Themenumfangs. So äußerten die Praktikumsteilnehmer den Wunsch, das gesamte Praktikum auf die gleiche Weise zu integrieren, wie die Versuche zur Elektrizitätslehre und den Versuch zum Membranpotenzial, Aktionspotenzial und peripheren Nerv.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Akzeptanz von hypermedialen Lernumgebungen für die universitäre Lehre bei den Studierenden vorhanden ist. Die Bereitschaft zur Verwendung ist abhängig von dem Vorteil, den die Studierenden in der Verwendung sehen. D. h. die Inhalte müssen mit den Lehrveranstaltungen verknüpft sein und letztendlich auf die bevorstehenden Prüfungen vorbereiten, denn im dicht gedrängten Stundenplan der Studierenden können scheinbar nur Lernmaterialien bestehen, die das Erreichen dieses Ziels erleichtern.

Kapitel 7

Zusammenfassung

Im vorklinischen Studienabschnitt der Humanmedizin werden neben den medizinischen Fächern, wie z. B. Physiologie, Biochemie und Anatomie, auch Grundlagen in Physik, Chemie und Biologie gelehrt. Jedes dieser Fächer hat zwar seinen eigenen wissenschaftlichen Aufbau, bietet jedoch auch Möglichkeiten an andere Disziplinen anzuknüpfen. Diese Möglichkeiten aufzugreifen und eine fächerübergreifende Vernetzung zu schaffen, kann als die genuine Vollendung des Fachunterrichts verstanden werden [7]. Insbesondere in Physiologie und Physik konnten, durch das Hervorheben inhaltlicher Zusammenhänge mittels adressatenspezifischer Physikversuche, große positive Effekte auf den Wissenszuwachs nachgewiesen werden [1].

Um an diese Erfolge anzuknüpfen und die Methode der Lehre in gleicher Richtung weiterzuentwickeln, wurden die Studierenden der Humanmedizin, die Adressaten der Lehre, stärker als lernendes Individuum berücksichtigt und unterstützt. Dies wurde mithilfe der webbasierten Lernumgebung *LMUdle* [28] realisiert, in der fachliche Inhalte in möglichst vielfältigen Repräsentationsformen, wie z. B. Texten, Grafiken, Animationen, Selbstkontrollen oder Filmen, zu finden sind. Um interdisziplinäre Zusammenhänge hervorzuheben, wurde außerdem eine dynamische Navigationshilfe in Form einer interaktiven Concept Map entwickelt und in die hypermediale Lernumgebung (LMUdle-Kurs) integriert. Bei der Planung des LMUdle-Kurses wurden die Wünsche und Bedürfnisse der Studierenden bezüglich einer Lernplattform evaluiert und bei der Entwicklung berücksichtigt.

Die Auswirkungen der Verwendung des LMUdle-Kurses auf den Wissenszuwachs und das Lernverhalten wurde mit einer Studie über zwei aufeinanderfolgende Jahrgänge (WS 2010/11 und WS 2011/12) untersucht. Es wurden die Praktikumsversuche zur Elektrizitätslehre aus der Physik und zum Membranpotenzial, Aktionspotenzial und peripheren Nerv aus der Physiologie für die Untersuchung ausgewählt, da diese inhaltlich bereits gut aufeinander abgestimmt waren. Diese Lernsequenz beinhaltete zwei Praktikumstage in Physik und einen in Physiologie. Die Daten wurden mit einem Vor- und einem Nachtest in zufällig gewählten Gruppen von jeweils ca. 20 Studierenden erhoben. Die Tests enthielten 18 Wissensfragen im Multiple Choice Stil, die in Vor- und Nachtest identisch waren, sowie Fragen zum Lernverhalten und zur Nutzung des LMUdle-Kurses. Der Vortest fand vor der

Lernsequenz statt und der Nachtest danach. Außerdem wurde das Navigationsverhalten im LMUdle-Kurs aufgezeichnet.

Die Ergebnisse des Wissenstest zeigen, dass die Verwendung des LMUdle-Kurses einen signifikanten positiven Effekt mittlerer Größe auf den Wissenszuwachs hat. LMUdle-Nutzer verwendeten außerdem mehr Zeit für das Selbststudium und lernten dabei effektiver als traditionelle Lerner.

Mittels einer Pfadanalyse wurden das Physikwissen, das Physiologiewissen und die Transferfähigkeit jeweils als latente Variable angenommen und auf ihre Beziehung zueinander untersucht. Die Fähigkeit zum Transfer stellt sich als Bindeglied mit großem Einfluss zwischen dem Wissen der beiden Fächer heraus.

In einer Analyse des Navigationsverhaltens in Abhängigkeit der verwendeten Navigationsarten zeigte die Netznavigation gute Resultate. Mit ihrer Hilfe ergab sich eine inhaltlich sinnvolle und stark vernetzte Navigationsstruktur, insbesondere für die fächerübergreifende Navigation. Von den angebotenen Lernobjekten stellten sich Selbstkontrollen als äußerst beliebt heraus und machten somit das Bedürfnis der Selbsteinschätzung der Studierenden deutlich. Am wenigsten Interesse zeigten die Teilnehmer an klinischen Bezügen.

Die Angaben der Studierenden zu ihrer Zufriedenheit mit verschiedenen Lernobjekten und Möglichkeiten des LMUdle-Kurses spiegeln den individuellen Charakter ihrer Bedürfnisse wider. So ist keine Mehrheit für oder gegen die jeweiligen Komponenten des LMUdle-Kurses erkennbar. Auch wenn der Nutzen des LMUdle-Kurses nicht in Frage gestellt wird, zieht die Mehrheit traditionelle Medien (Bücher, Skripten, usw.) vor. Das Hauptargument der Studierenden gegen die Nutzung des LMUdle-Kurses war der Mangel an Zeit.

Interdisziplinäres und individuelles Lernen wird also durch die Verwendung des LMUdle-Kurs gefördert. Seine nachhaltige Integration in die Lehre muss jedoch in Zusammenarbeit mit den beteiligten Dozenten weiter vorangetrieben werden, um dem Kurs in den Augen der Studierenden mehr Relevanz zu verleihen.

Kapitel 8

Ausblick

Nachdem in dieser Arbeit positive Auswirkungen der Nutzung des LMUdle-Kurses auf den Lernprozess der Studierenden nachgewiesen wurden, liegt eine zukünftige Herausforderung sicherlich in der Steigerung der Nutzung solcher hypermedialer Lernumgebungen. Dafür sollten die Studierenden einen Vorteil in der Nutzung solcher Angebote gegenüber traditionellen Medien erkennen. Vollständigkeit, Individualität, Kollaboration und Integration in die bestehende Lehre können Ansätze zur erfolgreichen Weiterentwicklung sein.

Unter Vollständigkeit ist der Umfang der Lernobjekte zu verstehen, die zu allen studienrelevanten Themen enthalten sein sollten. Dieser Wunsch wurde während dieser Arbeit von den Studierenden geäußert. Zunächst bieten sich die nicht im LMUdle-Kurs enthaltenden Themen der Praktika in Physiologie und Physik an. Eine Erweiterung auf andere Fächer wäre wünschenswert.

Um der Individualität gerecht zu werden, sollten weitere Lernobjekte auf die verschiedenen Lerntypen und Wissensausprägungen der Studierenden abgestimmt und angeboten werden. Eine Folge dieser Maßnahme wäre der rasant wachsende Umfang an Lernobjekten innerhalb der hypermedialen Lernumgebung, was voraussichtlich eine Desorientierung der Studierenden aufgrund der Fülle von Materialien zur Folge hätte. Dem lässt sich mit adaptiver Hypermedia entgegenwirken, welche die Studierenden bei ihren Navigationsentscheidungen und der geeigneten Wahl von Lernobjekten individuell unterstützt. Der in dieser Arbeit entwickelte Ansatz der Kombination von interdisziplinärer Navigation und Adaptivität in Moodle stellt einen geeigneten Ausgangspunkt dar.

Während Teamfähigkeit eine allseits erwünschte Qualifikation darstellt, wird kollaboratives Arbeiten in hypermedialen Lernumgebungen kaum praktiziert, obwohl diese nützliche Werkzeuge dafür bereitstellen. Die Standarddistribution von Moodle bietet z. B. Diskussionsforen, persönliche Nachrichten, Feedbacks und Chats. Jede dieser Komponenten kann problemlos in Moodle-Kurse integriert werden und verfügt über eine vielseitige Rechteverwaltung. Eher passives Konsumieren von Lerninhalten kann so um die aktive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand erweitert werden.

Die Kollaboration muss sich nicht auf Lernende beschränken, sondern kann ebenso positive Effekte auf die Arbeit der Lehrenden haben. Versteht man eine Lernplattform wie z. B. LMUdle als Medium für Sammlungen von Lernobjekten, auf die jederzeit über das

Internet zugegriffen werden kann, so ergibt sich eine neue Dynamik im Angebot an verfügbaren Materialien für die Lehre. Es lassen sich Lernobjekte gemeinsam erstellen, nutzen und bearbeiten. Das jeweilige Expertenwissen eines Kollegen auf seinem Gebiet kann somit direkt in den eigenen Unterricht einfließen. Ein wichtiger Schritt zur Integration hypermedialer Lernumgebungen ist demnach die Qualifikation und Motivation der Lehrenden. Eine selbstverständliche Nutzung dieser Möglichkeiten durch die Dozenten hat vermutlich einen deutlichen Einfluss auf die Nutzung einer Lernplattform durch die Studierenden.

Literaturverzeichnis

- [1] M. Plomer, K. Jessen, G. Rangelov, M. Meyer, Teaching physics in a physiologically meaningful manner, Physical Review Special Topics - Physics Education Research 6 (2) (2010) 020116.
- [2] About Moodle.
URL http://docs.moodle.org/22/en/About_Moodle [zuletzt aufgerufen: 14.09.2012].
- [3] P. Labudde, Fächer übergreifender Unterricht in und mit Physik: eine zu wenig genutzte Chance, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 1 (2) (2003) 48–66.
- [4] P. Labudde, K. Möller, Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht, Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 15 (2012) 11–36.
- [5] W. Klafki, Grundzüge eines neuen Allgemeinbildungskonzepts. Im Zentrum: Epochaltypische Schlüsselprobleme, in: Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik, Beltz Verlag, Weinheim und Basel, 1996.
- [6] K. Frey, Die Projektmethode, Vol. 3, Beltz Verlag, Weinheim und Basel, 1993.
- [7] P. Reinhold, W. Bünder, Stichwort: Fächerübergreifender Unterricht, Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 4 (3) (2001) 333–357.
- [8] H. Muckenfuß, Lernen im sinnstiftenden Kontext, Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts, Cornelsen, 1995.
- [9] E. Kircher, R. Girwitz, P. Häußler, H. Fischer, I. Glemnitz, A. Kauertz, E. Sumfleth, Auf Wissen aufbauen - kumulatives Lernen in Chemie und Physik, in: Physikdidaktik, Springer, Berlin Heidelberg, 2007, pp. 657–678.
- [10] TIMSS/III: Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II im internationalen Vergleich. Zusammenfassung deskriptiver Ergebnisse, Studien und Berichte Nr. 64, Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin, 1998.
- [11] L. J. Issing, P. Klimsa, Information und lernen mit Multimedia und Internet: Lehrbuch für Studium und Praxis, Beltz Verlag, 2002.

- [12] F. Fischer, H. Mandl, A. Todorova, Lehren und Lernen mit neuen Medien, in: R. Tippelt, B. Schmidt (Hrsg.), Handbuch Bildungsforschung, VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2009, pp. 753–771.
- [13] R. Mayer, Cognitive Theory of Multimedia Learning, in: The Cambridge Handbook Of Multimedia Learning, Cambridge University Press, 2005, pp. 31–48.
- [14] J. L. Plass, D. M. Chun, R. E. Mayer, D. Leutner, Cognitive load in reading a foreign language text with multimedia aids and the influence of verbal and spatial abilities, *Computers in Human Behavior* 19 (2) (2003) 221–243.
- [15] P. Simons, Lernen, selbständig zu lernen: ein Rahmenmodell, in: Lern- und Denkstrategien: Analyse und Intervention, Hogrefe, Göttingen, 1992, pp. 251–264.
- [16] S.-O. Tergan, Hypertext und Hypermedia: Konzeption, Lernmöglichkeiten, Lernprobleme und Perspektiven, in: Information und lernen mit Multimedia und Internet: Lehrbuch für Studium und Praxis, Beltz Verlag, 2002, pp. 99–112.
- [17] C. Gräsel, H. Mandl, Förderung des Erwerbs diagnostischer Strategien in fallbasierten Lernumgebungen, Forschungsbericht Nr. 26, LMU München: Lehrstuhl für Empirische und Pädagogische Psychologie, 1993.
- [18] E. Frau, V. Midoro, G. M. Pedemonte, Do hypermedia systems really enhance learning? A case study on earthquake education, *Educational and Training Technology International* 29 (1) (1992) 42–51.
- [19] A. Dillon, R. Gabbard, Hypermedia as an educational technology: A review of the quantitative research literature on learner comprehension, control, and style, *Review of Educational Research* 68 (3) (1998) 322–349.
- [20] P. Brusilovsky, Adaptive Hypermedia, *User Modeling and User-Adapted Interaction* 11 (1) (2001) 87–110.
- [21] E. Knutov, P. D. Bra, M. Pechenizkiy, AH 12 years later: a comprehensive survey of adaptive hypermedia methods and techniques, *New Review of Hypermedia and Multimedia* 15 (1) (2009) 5–38.
- [22] D. Petko, K. Reusser, Das Potenzial interaktiver Lernressourcen zur Förderung von Lernprozessen, in: D. Miller (Hrsg.), E-Learning: Eine multiperspektivische Standortbestimmung, Haupt Verlag, Bern, 2005, pp. 183–207.
- [23] J. Haake, G. Schwabe, M. Wessner, CSCL-Kompodium: Lehr- und Handbuch zum computerunterstützten kooperativen Lernen, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2004.
- [24] R. Schulmeister, eLearning: Einsichten und Aussichten, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2006.

-
- [25] C. Witt, Lehren und Lernen mit neuen Medien/E-Learning, in: U. Sander, F. Gross, K.-U. Hugger (Hrsg.), Handbuch Medienpädagogik, VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2008, pp. 440–448.
- [26] Blackboard.
URL <http://www.blackboard.com> [zuletzt aufgerufen: 16.05.2012].
- [27] Moodle.
URL <http://moodle.org/> [zuletzt aufgerufen: 07.05.2012].
- [28] LMUdle.
URL <https://e-learning.mecum-online.de> [zuletzt aufgerufen: 23.04.2012].
- [29] H. Becker, B. Geer, E. Hughes, Making the grade: the academic side of college life, Wiley, 1968.
- [30] S. Puntambekar, A. Stylianou, Designing Navigation Support in Hypertext Systems Based on Navigation Patterns, Instructional Science 33 (5-6) (2005) 451–481.
- [31] T. P. Group. PHP Manual.
URL <http://www.php.net/manual/de/intro-what-is.php> [zuletzt aufgerufen: 07.05.2012].
- [32] Oracle Corporation. MySQL.
URL <http://www.mysql.de/> [zuletzt aufgerufen: 07.05.2012].
- [33] P. G. D. Group. PostgreSQL.
URL <http://www.postgresql.org/about/> [zuletzt aufgerufen: 07.05.2012].
- [34] Microsoft. MSSQL Server.
URL <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb545450.aspx> [zuletzt aufgerufen: 07.05.2012].
- [35] Oracle. Oracle Database.
URL <http://www.oracle.com/de/products/database/index.html> [zuletzt aufgerufen: 07.05.2012].
- [36] SELFHTML. Einführung in JavaScript und DOM.
URL <http://de.selfhtml.org/javascript/intro.htm> [zuletzt aufgerufen: 07.05.2012].
- [37] Moodle - Database schema introduction.
URL http://docs.moodle.org/dev/Database_schema_introduction [zuletzt aufgerufen: 09.05.2012].
- [38] Moodle - Cron-Job.
URL <http://docs.moodle.org/20/de/Cron-Job> [zuletzt aufgerufen: 09.05.2012].

- [39] Moodle - Plugins.
URL <http://moodle.org/plugins/> [zuletzt aufgerufen: 09.05.2012].
- [40] Moodle - Make a new plugin.
URL http://docs.moodle.org/dev/Developer_documentation#Make_a_new_plugin [zuletzt aufgerufen: 09.05.2012].
- [41] P. Brusilovsky, Adaptive Navigation Support, in: P. Brusilovsky, A. Kobsa, W. Nejdl (Hrsg.), *The Adaptive Web*, Springer, Berlin Heidelberg, 2007, pp. 263–290.
- [42] J. Masthoff, Design and Evaluation of a Navigation Agent with a Mixed Locus of Control, in: *Intelligent Tutoring Systems*, Springer, 2002, pp. 982–991.
- [43] G. Weber, P. Brusilovsky, ELM-ART: An adaptive versatile system for Web-based instruction, *International Journal of Artificial Intelligence in Education* (12) (2001) 351–384.
- [44] W. Hodgins, E. Duval, Draft Standard for Learning Object Metadata, IEEE LOM (IEEE 1484.12.1).
- [45] M. Bostock, J. Heer, Protovis: A graphical toolkit for visualization, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 15 (6) (2009) 1121–1128.
- [46] T. Fruchterman, E. Reingold, Graph drawing by force-directed placement, *Software: practice and experience* 21 (11) (1991) 1129–1164.
- [47] G. Sauerstein. Moodle - Erweiterung iLMS.
URL <http://moodle.org/mod/data/view.php?d=13&rid=1099> [zuletzt aufgerufen: 09.05.2012].
- [48] G. Sauerstein, KI-Ansätze zur Lerner-Adaption in Lern-Management-Systemen, Diplomarbeit, Technische Universität Ilmenau, Institut für Technische Informatik und Ingenieurinformatik, Ilmenau (2007).
- [49] A. Aamodt, E. Plaza, Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches, *AI communications* 7 (1) (1994) 39–59.
- [50] W3C. Web Storage.
URL <http://www.w3.org/TR/webstorage/> [zuletzt aufgerufen: 10.05.2012].
- [51] R. M. Felder, L. K. Silverman, Learning and Teaching Styles In Engineering Education, *Engr. Education* 78 (7) (1988) 674–681.
- [52] B. A. Soloman, R. M. Felder. Index of Learning Styles Questionnaire.
URL <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html> [zuletzt aufgerufen: 16.08.2012].

- [53] T. A. Litzinger, S. H. Lee, J. C. Wise, R. M. Felder, A Psychometric Study of the Index of Learning Styles, *Journal of Engineering Education* 96 (4) (2007) 309–319.
- [54] A. Ortigosa, P. Paredes, P. Rodriguez, AH-questionnaire: An adaptive hierarchical questionnaire for learning styles, *Computers & Education* 54 (4) (2010) 999–1005.
- [55] GNU General Public License.
URL <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html> [zuletzt aufgerufen: 17.08.2012].
- [56] L. Cronbach, Coefficient alpha and the internal structure of tests, *Psychometrika* 16 (1951) 297–334.
- [57] R. L. Doran, Basic measurement and evaluation of science instruction, National Science Teachers Association, 1980.
- [58] L. Ding, R. Beichner, Approaches to data analysis of multiple-choice questions, *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 5 (2) (2009) 020103.
- [59] J. Bortz, C. Schuster, *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*, Springer, Berlin Heidelberg, 2010.
- [60] J. Reinecke, A. Pöge, Strukturgleichungsmodelle, in: C. Wolf, H. Best (Hrsg.), *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse*, VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2010, pp. 775–804.
- [61] D. Hagemann, *Strukturgleichungsmodelle*, Ein Skript zur Vorlesung "Forschungsmethoden II", Trier, 2004.
- [62] R. C. MacCallum, M. W. Browne, H. M. Sugawara, Power analysis and determination of sample size for covariance structure modeling., *Psychological Methods* 1 (2) (1996) 130.
- [63] K. A. Bollen, R. A. Stine, Bootstrapping goodness-of-fit measures in structural equation models, *Sociological Methods & Research* 21 (2) (1992) 205–229.
- [64] SPSS Amos.
URL <http://www-142.ibm.com/software/products/de/de/spss-amos/> [zuletzt aufgerufen: 27.02.2012].
- [65] B. Rasch, M. Frieze, W. J. Hofmann, E. Naumann, *Quantitative Methoden - Band 2*, 3rd Edition, *Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*, Springer, Berlin Heidelberg, 2009.
- [66] B. Rasch, M. Frieze, W. J. Hofmann, E. Naumann, *Quantitative Methoden - Band 1*, 3rd Edition, *Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*, Springer, Berlin Heidelberg, 2009.

- [67] J. Hartung, G. Knapp, B. Sinha, Statistical meta-analysis with applications, Vol. 738, Wiley-Interscience, 2008.
- [68] J. Cohen, Statistical power analysis for the behavioral sciences, Lawrence Erlbaum, 1988.
- [69] F. Faul, E. Erdfelder, A. Lang, G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences, Behavior Research Methods 39 (2) (2007) 175–191.
- [70] G*Power.
URL <http://www.pscho.uni-duesseldorf.de/abteilungen/aap/gpower3/> [zuletzt aufgerufen: 07.02.2012].
- [71] L.-L. Hsu, S.-I. Hsieh, Effects of a blended learning module on self-reported learning performances in baccalaureate nursing students, Journal of Advanced Nursing 67 (11) (2011) 2435–2444.
- [72] T. Boyle, C. Bradley, P. Chalk, R. Jones, P. Pickard, Using Blended Learning to Improve Student Success Rates in Learning to Program., Journal of Educational Media 28 (2/3) (2003) 165–178.
- [73] C. Carver, R. Howard, WDLane, Enhancing student learning through hypermedia courseware and incorporation of student learning styles, IEEE Transactions on Education 42 (1) (1999) 33–38.
- [74] J. A. Pereira, E. Pleguezuelos, A. Merí, A. Molina-Ros, M. C. Molina-Tomás, C. Masdeu, Effectiveness of using blended learning strategies for teaching and learning human anatomy, Medical Education 41 (2) (2007) 189–195.
- [75] H.-S. Huang, C.-C. Chiou, H.-K. Chiang, S.-H. Lai, C.-Y. Huang, Y.-Y. Chou, Effects of multidimensional concept maps on fourth graders' learning in web-based computer course, Computers & Education 58 (3) (2012) 863–873.
- [76] A. Calcaterra, A. Antonietti, J. Underwood, Cognitive style, hypermedia navigation and learning, Computers & Education 44 (4) (2005) 441–457.
- [77] S. Graf, T.-C. Liu, Kinshuk, Analysis of learners' navigational behaviour and their learning styles in an online course, Journal of Computer Assisted Learning 26 (2) (2010) 116–131.
- [78] S. Graf, K. Kinshuk, Providing Adaptive Courses in Learning Management Systems with Respect to Learning Styles, in: Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2007, 2007, pp. 2576–2583.

-
- [79] YouTube.
URL <http://www.youtube.com/> [zuletzt aufgerufen: 16.05.2012].
- [80] Vimeo.
URL <http://vimeo.com/> [zuletzt aufgerufen: 16.09.2012].
- [81] K. Orton-Johnson, 'I've stuck to the path I'm afraid': exploring student non-use of blended learning, *British Journal of Educational Technology* 40 (5) (2009) 837–847.
- [82] Facebook.
URL <https://www.facebook.com/> [zuletzt aufgerufen: 16.05.2012].
- [83] LMUdle - Hilfe und Support.
URL <https://e-learning.mecum-online.de/mod/page/view.php?id=31643> [zuletzt aufgerufen: 16.05.2012].

Anhang A

Fragebogen

Im Folgenden sind die Fragebogen zu finden, die in dieser Arbeit verwendet wurden, um

- die Wünsche und Bedürfnisse der Studierenden in die Entwicklung einer Lernplattform einfließen zu lassen,
- das Vorwissen der Studierenden zu erheben,
- den Wissensstand nach Abschluss der Lernsequenz festzustellen und
- das Lernverhalten zu erfragen und Gründe für bzw. gegen die Verwendung der hypermedialen Lernumgebung zu erfahren.

Der in den Fragebogen enthaltene Wissenstest wird nur im Fragebogen zum Vorwissen komplett abgedruckt, weil die Wissensfragen in allen Fragebogen identisch sind.

A.1 Umfrage vor der Entwicklung der Moodle-Erweiterung

Mit dem folgenden Fragebogen wurden Wünsche und Bedürfnisse der Studierenden zur Entwicklung einer Lernplattform erhoben. Der Fragebogen wurde auf Grundlage einer freiwilligen Online-Umfrage innerhalb Moodle erstellt, die aus fünf offenen Fragen bestand (vgl. Abschnitt 2.4).

Entwicklung einer Lernplattform für das Praktikum der Physiologie und Physik

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer,

dieser Bogen wird maschinell ausgewertet. Markieren Sie eine Antwort bitte in der folgenden Weise: ○ X ○ .

Wenn Sie eine Antwort korrigieren möchten, füllen Sie bitte den falsch markierten Kreis und noch etwas darüber hinaus aus, ungefähr so: ○ ● X .

Dieser Fragebogen soll ermitteln, welche Inhalte und Eigenschaften einer für Sie entwickelten Lernplattform für Physiologie und Physik für Sie wichtig sind.

Je mehr Punkte Sie einer Aussage geben, desto wichtiger ist Ihnen diese. (5 Punkte = wichtig / 1 Punkt = unwichtig)

Bereich 1: Individualisierung der Lerninhalte

Punkte

Die Plattform individualisiert mein Lernen, denn...					
die angezeigten Inhalte richten sich nach meinem Lerntyp.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
die angezeigten Inhalte richten sich nach meinem Vorwissen.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
die angezeigten Inhalte richten sich nach meinen Interessen.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
ich erhalte eine Rückmeldung zu meinem Kenntnisstand.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
ich kann mein Praktikumsskript mit individuellen Inhalten generieren.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5

Bereich 2: Wissensvernetzung

Punkte

Die Plattform hilft mir wie folgt bei der Wissensvernetzung:					
Die fächerübergreifenden Zusammenhänge werden aufgezeigt.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Ich werde bei der Navigation durch vernetzte Zusammenhänge dynamisch unterstützt.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Die medizinische Relevanz der Lerninhalte wird hervorgehoben.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Mir wird der Zugang zu weiterführenden Inhalten erleichtert.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Die Verknüpfung zu (bereits bekannten) Grundlagen wird an der jeweiligen Stelle angezeigt.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5

Bereich 3: Materialien

Punkte

Die Plattform soll enthalten:					
Altklausuren	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Praktikumsskripte	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Vorlesungsfolien	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Materialien von Kommilitonen (z.B. Referate)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Im Praktikum verwendete Programme	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
(verständliche) Fachartikel	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Mediale Vielfalt (Animationen, Videos, Grafiken usw.)	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5

Bereich 4: Kommunikation**Punkte**

Die Plattform bietet mir die Möglichkeit...					
Kontakt mit Dozenten, Praktikums- oder Seminarleitern aufzunehmen.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
mich in Diskussionsforen (mit Dozenten als Moderatoren) über fachliche Inhalte austauschen.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Tipps und Hilfestellungen zu den Aufgaben zu erhalten.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
durch Aufzeigen der Lernziele einen Überblick über die Lehrinhalte zu erhalten.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5

Bereich 5: Aktivitäten**Punkte**

Mit Hilfe der Plattform werde ich...					
mich auf das Praktikum vorbereiten.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Praktikumsinhalte wiederholen, üben und vertiefen.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
mich auf eine Prüfung vorbereiten.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
interaktive Lernumgebungen (z.B. virtuelle Experimente, Fragen-Trainer, usw.) verwenden.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
gemeinsam mit meinen Kommilitonen ein (von Dozenten geprüft) Glossar erstellen.	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5

Wertung der Bereiche**Punkte**

Bitte gewichten Sie ebenfalls die obigen 5 Bereiche.					
Bereich 1: Individualisierung der Lerninhalte	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Bereich 2: Wissensvernetzung	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Bereich 3: Materialien	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Bereich 4: Kommunikation	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5
Bereich 5: Aktivitäten	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5

Anregungen und Ergänzungen

A.2 Vorwissen

"Vorwissen"

Hinweis

Liebe Studierende,
um Sie beim Lernen der Inhalte von Physiologie und Physik zu unterstützen, ist es von Interesse, über welches Vorwissen Sie verfügen. Mit Hilfe dieses Fragebogens soll Ihr aktueller Kenntnisstand ermittelt werden.
Dieser Fragebogen ist **keine Klausur** und Ihre Angaben sind **anonym**. Bitte raten Sie nicht, falls Sie eine Frage nicht beantworten können. Kreuzen Sie in diesem Fall die Antwort „Ich weiß es nicht.“ an. Es ist jeweils genau eine Antwort korrekt.
Über die ersten 5 Fragen kann dieser Fragebogen einem weiteren Fragebogen zu einem späteren Zeitpunkt zugeordnet werden, wobei Ihre Anonymität gewährleistet bleibt. Bitte füllen Sie auch diese Fragen gewissenhaft aus.
Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Pseudonymisierung

Bitte geben Sie ihre Praktikumsgruppe an:	
<input type="radio"/> A01	<input type="radio"/> A02 <input type="radio"/> A03 <input type="radio"/> A04 <input type="radio"/> A05
<input type="radio"/> A06	<input type="radio"/> A07 <input type="radio"/> A08 <input type="radio"/> A09 <input type="radio"/> A10
<input type="radio"/> A11	<input type="radio"/> A12 <input type="radio"/> A13 <input type="radio"/> A14 <input type="radio"/> A15
<input type="radio"/> A16	<input type="radio"/> A17 <input type="radio"/> A18 <input type="radio"/> A19 <input type="radio"/> A20
<input type="radio"/> B01	<input type="radio"/> B02 <input type="radio"/> B03 <input type="radio"/> B04 <input type="radio"/> B05
<input type="radio"/> B06	<input type="radio"/> B07 <input type="radio"/> B08 <input type="radio"/> B09 <input type="radio"/> B10
<input type="radio"/> B11	<input type="radio"/> B12 <input type="radio"/> B13 <input type="radio"/> B14 <input type="radio"/> B15
<input type="radio"/> B16	<input type="radio"/> B17 <input type="radio"/> B18 <input type="radio"/> B19 <input type="radio"/> B20
Bitte geben Sie den ersten Buchstaben des Vornamens Ihres Vaters an.	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E <input type="radio"/> F <input type="radio"/> G <input type="radio"/> H <input type="radio"/> I <input type="radio"/> J <input type="radio"/> K <input type="radio"/> L <input type="radio"/> M <input type="radio"/> N <input type="radio"/> O <input type="radio"/> P <input type="radio"/> Q <input type="radio"/> R <input type="radio"/> S <input type="radio"/> T <input type="radio"/> U <input type="radio"/> V <input type="radio"/> W <input type="radio"/> X <input type="radio"/> Y <input type="radio"/> Z
Bitte geben Sie den Monat des Geburtstages Ihres Vaters an.	<input type="radio"/> Jan <input type="radio"/> Feb <input type="radio"/> Mär <input type="radio"/> Apr <input type="radio"/> Mai <input type="radio"/> Jun <input type="radio"/> Jul <input type="radio"/> Aug <input type="radio"/> Sep <input type="radio"/> Okt <input type="radio"/> Nov <input type="radio"/> Dez
Bitte geben Sie den ersten Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter an.	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E <input type="radio"/> F <input type="radio"/> G <input type="radio"/> H <input type="radio"/> I <input type="radio"/> J <input type="radio"/> K <input type="radio"/> L <input type="radio"/> M <input type="radio"/> N <input type="radio"/> O <input type="radio"/> P <input type="radio"/> Q <input type="radio"/> R <input type="radio"/> S <input type="radio"/> T <input type="radio"/> U <input type="radio"/> V <input type="radio"/> W <input type="radio"/> X <input type="radio"/> Y <input type="radio"/> Z
Bitte geben Sie den Monat des Geburtstages Ihrer Mutter an.	<input type="radio"/> Jan <input type="radio"/> Feb <input type="radio"/> Mär <input type="radio"/> Apr <input type="radio"/> Mai <input type="radio"/> Jun <input type="radio"/> Jul <input type="radio"/> Aug <input type="radio"/> Sep <input type="radio"/> Okt <input type="radio"/> Nov <input type="radio"/> Dez

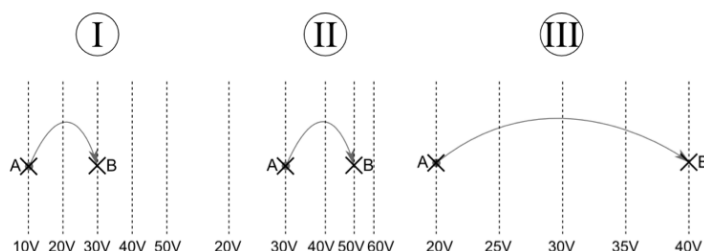
Computer und Internet

Ich verbringe die folgende Zeit pro Tag am Computer.	<input type="radio"/> Weniger als 1 Stunde <input type="radio"/> Zwischen 1 und 2 Stunden <input type="radio"/> Zwischen 2 und 3 Stunden <input type="radio"/> Zwischen 3 und 4 Stunden <input type="radio"/> Mehr als 4 Stunden
Ich verbringe die folgende Zeit pro Tag im Internet.	<input type="radio"/> Weniger als 1 Stunde <input type="radio"/> Zwischen 1 und 2 Stunden <input type="radio"/> Zwischen 2 und 3 Stunden <input type="radio"/> Zwischen 3 und 4 Stunden <input type="radio"/> Mehr als 4 Stunden

Wissenstest

Frage 1 (Physik)

In der folgenden Abbildung sind Orte gleichen elektrischen Potenzials als gestrichelte Linien dargestellt. Eine elektrische Ladung wird direkt von Punkt A zum Punkt B bewegt.



Welche Aussage über den Betrag der beim Ladungstransport verrichteten elektrischen Arbeit ist wahr?

- a) In Situation II wird am meisten elektrische Arbeit verrichtet.
- b) In Situation III wird am meisten elektrische Arbeit verrichtet.
- c) In Situation I und II wird die gleiche elektrische Arbeit verrichtet, aber weniger als in Situation III.
- d) In allen drei Situationen wird die gleiche elektrische Arbeit verrichtet.
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 2 (Physik)

Mit Hilfe der Nernst-Gleichung soll die Arbeit pro Ladung bestimmt werden, die verrichtet wird, wenn sich das Gleichgewichtspotenzial U_m über einer Zellmembran einstellt.

$$U_m = \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{c_a}{c_i}$$

Welche Rechenoperation muss hierfür an der Nernst-Gleichung durchgeführt werden?

- a) Keine, die Spannung entspricht der verrichteten Arbeit pro Ladung.
- b) Division durch die Gesamtladung der transportierten Ionen.
- c) Multiplikation mit der Gesamtladung der transportierten Ionen.
- d) Multiplikation mit dem Kehrwert des Membranwiderstands.
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

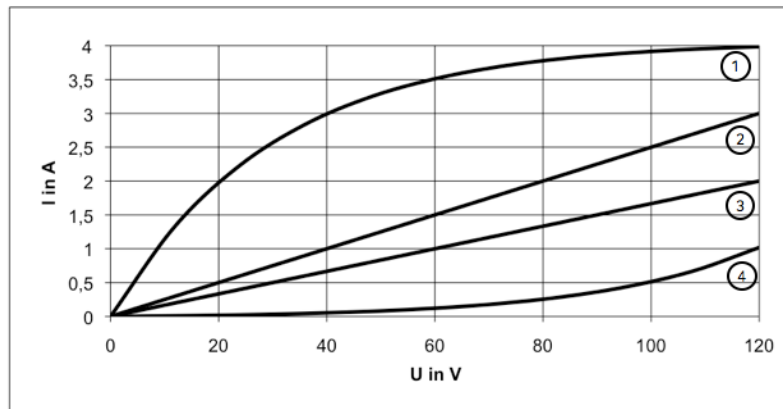
Frage 3 (Physiologie)

Eine wichtige Größe zur Beschreibung erregbarer Zellen ist das Membranpotenzial. Welche Ionensorte hat unter physiologischen Bedingungen den höchsten Beitrag zur Entstehung des Membranpotenzials?

- Die Ionensorte,
- a) welche die höchste intrazelluläre Konzentration aufweist.
 - b) für welche die Zellmembran die höchste Leitfähigkeit aufweist.
 - c) welche die höchste Ladungszahl hat.
 - d) welche das größte Gleichgewichtspotenzial aufweist.
 - e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 4 (Physik)



Welche der oben abgebildeten U-I-Kennlinien gehört (über den gesamten Bereich) zum größten Ohm'schen Widerstand?

- a) Kennlinie 1
- b) Kennlinie 2
- c) Kennlinie 3
- d) Kennlinie 4
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 5 (Physik und Physiologie)

In welchem qualitativen Zusammenhang stehen das Membranpotenzial und die pro Sekunde durch einen einzelnen spannungsunabhängigen Ionenkanal fließenden Ladungen, wenn sich die Durchlässigkeit des Kanals während der gesamten Zeit nicht ändert?

- a) linear
- b) quadratisch
- c) exponentiell
- d) logarithmisch
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 6 (Physiologie)

Vervollständigen Sie bitte folgenden Satz:
Die typische Na^+/K^+ -Pumpe...

- a) ist an der Aufrechterhaltung des Ruhemembranpotenzials beteiligt.
- b) ist während der Aufstreichphase des Aktionspotenzials inaktiviert.
- c) bewirkt, dass die Kaliumionenkonzentration im Extrazellulärraum höher als im Intrazellulärraum ist.
- d) transportiert insbesondere Natriumionen in den Intrazellulärraum.
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 7 (Physiologie)

Welche Aussage über die Refraktärzeit ist richtig?

- a) Während der relativen Refraktärzeit kann kein Aktionspotenzial ausgelöst werden.
- b) Die Refraktärzeit dauert je nach Zelltyp 50-100 ms.
- c) Die Refraktärzeit wird durch inaktivierbare spannungsabhängige K^+ -Kanäle verursacht.
- d) Die Refraktärzeit stellt sicher, dass sich das Aktionspotenzial im Axon vom Reizort weg bewegt.
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 8 (Physik und Physiologie)

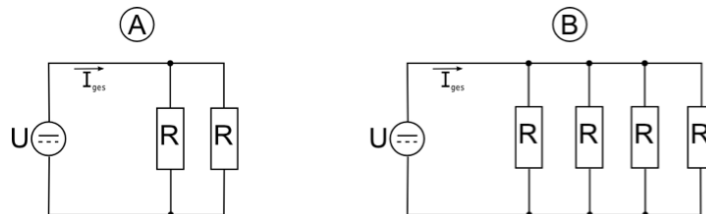
Angenommen, es öffnen sich 70 identische Ionenkanäle einer Membran exakt zum gleichen Zeitpunkt. Welche der folgenden Aussagen trifft zu?

- a) Das Membranpotenzial ist die Summe aller Einzelpotenziale über den Ionenkanälen.
- b) Das Membranpotenzial ist gleich dem Einzelpotenzial über einen Ionenkanal.
- c) Der Membranwiderstand ist die Summe der Einzelwiderstände der Ionenkanäle.
- d) Der Membranwiderstand ist die Summe der Kehrwerte der Einzelwiderstände der Ionenkanäle.
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 9 (Physik)

Vergleichen Sie die folgenden beiden Schaltungen A und B mit identischen Widerständen R. Die Spannung U der Gleichspannungsquelle ist in beiden Schaltungen gleich.



Welche der folgenden Aussagen trifft zu, wenn die Spannung in beiden Schaltungen gleich ist?
Die Gesamtstromstärke in Schaltung A ist

- a) doppelt so groß wie die in Schaltung B.
- b) genau so groß wie in Schaltung B.
- c) halb so groß wie in Schaltung B.
- d) ein Viertel so groß wie in Schaltung B.
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 10 (Physik)

Wie verändert sich der Widerstand eines elektrischen Leiters, wenn man seine Länge und seine Querschnittsfläche verdoppelt?

- Der elektrische Widerstand ist
- a) viermal so groß wie zuvor.
 - b) zweimal so groß wie zuvor.
 - c) genau so groß wie zuvor.
 - d) halb so groß wie zuvor.
 - e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 11 (Physik und Physiologie)

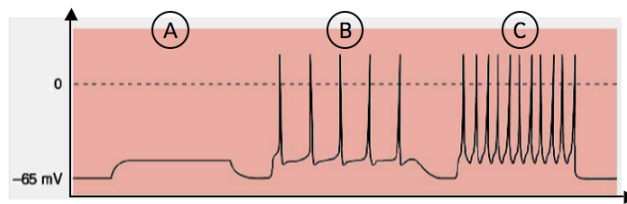
Kalmare (Tintenfische) verfügen über keine myelinisierten Axone wie z.B. Wirbeltiere. Welche anatomischen Gegebenheiten können trotzdem zu einer Steigerung der Geschwindigkeit der Erregungsfortleitung führen?

- a) Die Axone sind länger als die Axone von Wirbeltieren.
- b) Die Axone haben eine größere Querschnittsfläche als die Axone von Wirbeltieren.
- c) Die Axone haben eine dickere Membran als die Axone von Wirbeltieren.
- d) Die Axone haben eine Membran mit höherer Leitfähigkeit als die Axone von Wirbeltieren.
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 12 (Physiologie)

Die folgende Abbildung zeigt das Membranpotenzial einer Nervenzelle in Abhängigkeit von der Zeit.



Welche der folgenden Aussagen ist wahr?
Der zugrunde liegende Reiz...

- a) ...in den Bereichen A, B und C hat die gleiche Amplitude.
- b) ...im Bereich B hat die gleiche Amplitude wie der in Bereich C und eine größere Amplitude als der Reiz in Bereich A.
- c) ...im Bereich B hat eine höhere Amplitude als der in Bereich A und eine kleinere Amplitude als der in Bereich C.
- d) ...im Bereich B hat eine höhere Amplitude als der in Bereich C und eine kleinere Amplitude als der in Bereich A.
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 13 (Physik)

Wie verändert sich die Kapazität eines Plattenkondensators, wenn man die Oberfläche und den Abstand seiner Platten verdoppelt?

- Die Kapazität ist
- a) halb so groß wie zuvor.
 - b) genau so groß wie zuvor.
 - c) doppelt so groß wie zuvor.
 - d) viermal so groß wie zuvor.
 - e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 14 (Physik und Physiologie)

Wie würde sich bei einem Reiz gleicher Dauer und Stärke in etwa die Dauer bis zum Erreichen des Schwellenpotenzials ändern, wenn die Dicke der Membran halbiert und die Oberfläche verdoppelt würde.

- Sie würde
- a) sich halbieren.
 - b) gleich bleiben.
 - c) sich verdoppeln.
 - d) sich vervierfachen.
 - e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

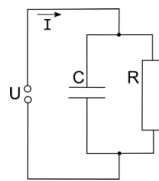


Frage 15 (Physiologie)

Welche Aussage über die Erregungsweiterleitung am myelinisierten Axon ist richtig?

- a) Die Fortleitungsgeschwindigkeit ist umso geringer, je kürzer die Internodien sind.
- b) Die Amplitude der Aktionspotentiale wird höher, je kürzer die Internodien sind.
- c) Die Fortleitungsgeschwindigkeit ist umso größer, je dünner die Faser ist.
- d) Die Fortleitungsgeschwindigkeit ist umso größer, je geringer die Gewebetemperatur ist.
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 16 (Physik und Physiologie)

Durch welche Größen wird die Zeitkonstante τ der nebenstehenden Schaltung bestimmt?

- a) Widerstand und Spannung
- b) Kapazität und Strom
- c) Spannung und Strom
- d) Kapazität und Widerstand
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 17 (Physik und Physiologie)

Wie lässt sich eine Zellmembran mit eingelagertem Ionenkanal durch elektrische Bauelemente beschreiben?

- a) Ionenkanal als Widerstand, zellulärer Innen- und Außenraum als Kondensatorplatten
- b) Ionenkanal als zylinderförmiger Kondensator, zellulärer Innen- und Außenraum als Widerstand
- c) Ionenkanal als Widerstand, Membranlipide als Kondensator
- d) Ionenkanal als zylinderförmiger Kondensator, Doppellipidschicht als Isolator
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 18 (Physiologie)

Welche Aussage über die spannungsabhängigen Na^+ -Kanäle ist richtig?

- a) Sie inaktivieren mit hoher Wahrscheinlichkeit beim Ruhemembranpotenzial.
- b) Sie öffnen erst bei positiven Membranpotenzialen.
- c) Sie inaktivieren mit hoher Wahrscheinlichkeit während länger andauernder Depolarisation.
- d) Sie inaktivieren mit hoher Wahrscheinlichkeit während der Nach-Hyperpolarisation.
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

A.3 Wissenszuwachs

"Wissenszuwachs"

Hinweis

Liebe Studierende,
um Sie beim Lernen der Inhalte von Physiologie und Physik zu unterstützen, ist es von Interesse, wie Sie ihr Wissen erweitern konnten. Mit Hilfe dieses Fragebogens soll Ihr aktueller Kenntnisstand ermittelt werden.
Dieser Fragebogen ist **keine Klausur** und Ihre Angaben sind **anonym**. Bitte raten Sie nicht, falls Sie eine Frage nicht beantworten können. Kreuzen Sie in diesem Fall die Antwort „Ich weiß es nicht.“ an. Es ist jeweils genau eine Antwort korrekt.
Über die ersten 5 Fragen kann dieser Fragebogen einem anderen Fragebogen zugeordnet werden, wobei Ihre Anonymität gewährleistet bleibt. Bitte füllen Sie auch diese Fragen gewissenhaft aus.
Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Pseudonymisierung

Bitte geben Sie ihre Praktikumsgruppe an:	
<input type="radio"/> A01	<input type="radio"/> A02 <input type="radio"/> A03 <input type="radio"/> A04 <input type="radio"/> A05
<input type="radio"/> A06	<input type="radio"/> A07 <input type="radio"/> A08 <input type="radio"/> A09 <input type="radio"/> A10
<input type="radio"/> A11	<input type="radio"/> A12 <input type="radio"/> A13 <input type="radio"/> A14 <input type="radio"/> A15
<input type="radio"/> A16	<input type="radio"/> A17 <input type="radio"/> A18 <input type="radio"/> A19 <input type="radio"/> A20
<input type="radio"/> B01	<input type="radio"/> B02 <input type="radio"/> B03 <input type="radio"/> B04 <input type="radio"/> B05
<input type="radio"/> B06	<input type="radio"/> B07 <input type="radio"/> B08 <input type="radio"/> B09 <input type="radio"/> B10
<input type="radio"/> B11	<input type="radio"/> B12 <input type="radio"/> B13 <input type="radio"/> B14 <input type="radio"/> B15
<input type="radio"/> B16	<input type="radio"/> B17 <input type="radio"/> B18 <input type="radio"/> B19 <input type="radio"/> B20
Bitte geben Sie den ersten Buchstaben des Vornamens Ihres Vaters an.	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E <input type="radio"/> F <input type="radio"/> G <input type="radio"/> H <input type="radio"/> I <input type="radio"/> J <input type="radio"/> K <input type="radio"/> L <input type="radio"/> M <input type="radio"/> N <input type="radio"/> O <input type="radio"/> P <input type="radio"/> Q <input type="radio"/> R <input type="radio"/> S <input type="radio"/> T <input type="radio"/> U <input type="radio"/> V <input type="radio"/> W <input type="radio"/> X <input type="radio"/> Y <input type="radio"/> Z
Bitte geben Sie den Monat des Geburtstages Ihres Vaters an.	<input type="radio"/> Jan <input type="radio"/> Feb <input type="radio"/> Mär <input type="radio"/> Apr <input type="radio"/> Mai <input type="radio"/> Jun <input type="radio"/> Jul <input type="radio"/> Aug <input type="radio"/> Sep <input type="radio"/> Okt <input type="radio"/> Nov <input type="radio"/> Dez
Bitte geben Sie den ersten Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter an.	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E <input type="radio"/> F <input type="radio"/> G <input type="radio"/> H <input type="radio"/> I <input type="radio"/> J <input type="radio"/> K <input type="radio"/> L <input type="radio"/> M <input type="radio"/> N <input type="radio"/> O <input type="radio"/> P <input type="radio"/> Q <input type="radio"/> R <input type="radio"/> S <input type="radio"/> T <input type="radio"/> U <input type="radio"/> V <input type="radio"/> W <input type="radio"/> X <input type="radio"/> Y <input type="radio"/> Z
Bitte geben Sie den Monat des Geburtstages Ihrer Mutter an.	<input type="radio"/> Jan <input type="radio"/> Feb <input type="radio"/> Mär <input type="radio"/> Apr <input type="radio"/> Mai <input type="radio"/> Jun <input type="radio"/> Jul <input type="radio"/> Aug <input type="radio"/> Sep <input type="radio"/> Okt <input type="radio"/> Nov <input type="radio"/> Dez

Lernen

Wie viel Zeit haben Sie sich für das Selbststudium für die Praktika in Physik und Physiologie genommen?	<input type="radio"/> Weniger als 1 Stunde pro Woche <input type="radio"/> Zwischen 1 und 2 Stunden pro Woche <input type="radio"/> Zwischen 2 und 4 Stunden pro Woche <input type="radio"/> Mehr als 4 Stunden pro Woche
Wie regelmäßig haben Sie die Vorlesungen besucht?	<input type="radio"/> immer <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> gar nicht
Wie intensiv haben Sie die folgenden Materialien beim Lernen für die Praktika verwendet?	
	<input type="radio"/> immer <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> gar nicht
Physik-Skript	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Physiologie-Skript	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Altklausur- bzw. Physikumsfragen	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Lehrbücher	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>

Seite 2 von 7
Evaluation, Wissenszuwachs (Winter 2011/12)

	immer				gar nicht
Fachartikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eigene Aufzeichnungen aus den begleitenden Lehrveranstaltungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Online-Inhalte (nicht LMUdle-Kurs "Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik")	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LMUdle-Kurs "Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

LMUdle-Kurs "Vernetzte Praktika in Physiologie & Physik"

	trifft voll zu				trifft gar nicht zu
Die Netznavigation hat mir sehr geholfen, die inhaltlichen Zusammenhänge der Praktika zu erkennen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Fragen zur Selbstkontrolle haben mir sehr geholfen, meinen Wissensstand einzuschätzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Fragen zur Selbstkontrolle haben mir sehr geholfen, mich gezielt mit den Inhalten des Kurses auseinander zu setzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Animationen haben mir das Lernen der Inhalte sehr erleichtert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die interaktiven Elemente haben mir das Lernen der Inhalte sehr erleichtert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Verwendung des LMUdle-Kurses "Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik" hat mir beim Verstehen der Lerninhalte nicht geholfen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Verwendung des LMUdle-Kurses "Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik" hat mir sehr viel Spaß gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Online-Lernmedien, wie der LMUdle-Kurs "Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik", ziehe ich traditionellen Medien (Bücher, Skripten, ...) vor.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein			

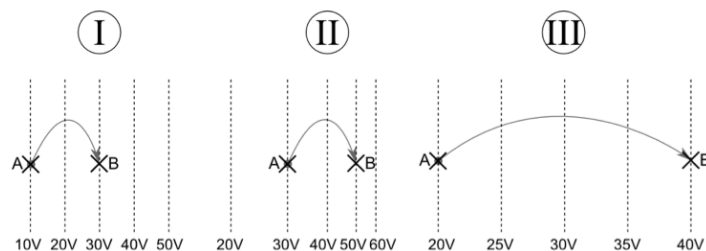
Zum Praktikum

Welche Schulnote würden Sie dem Physikpraktikum für Mediziner geben?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6
Welche Schulnote würden Sie dem Physiologiepraktikum geben?	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6

Wissenstest

Frage 1 (Physik)

In der folgenden Abbildung sind Orte gleichen elektrischen Potentials als gestrichelte Linien dargestellt. Eine elektrische Ladung wird direkt von Punkt A zum Punkt B bewegt.



Welche Aussage über den Betrag der beim Ladungstransport verrichteten elektrischen Arbeit ist wahr?

- a) In Situation II wird am meisten elektrische Arbeit verrichtet.
- b) In Situation III wird am meisten elektrische Arbeit verrichtet.
- c) In Situation I und II wird die gleiche elektrische Arbeit verrichtet, aber weniger als in Situation III.
- d) In allen drei Situationen wird die gleiche elektrische Arbeit verrichtet.
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

A.4 Wissenszuwachs & Verwendung

"Wissenszuwachs & Verwendung"

Hinweis

Liebe Studierende,
um Sie beim Lernen der Inhalte von Physiologie und Physik zu unterstützen, ist es von Interesse, wie Sie ihr Wissen erweitern konnten. Mit Hilfe dieses Fragebogens soll Ihr aktueller Kenntnisstand ermittelt werden.
Dieser Fragebogen ist **keine Klausur** und Ihre Angaben sind **anonym**. Bitte raten Sie nicht, falls Sie eine Frage nicht beantworten können. Kreuzen Sie in diesem Fall die Antwort „Ich weiß es nicht.“ an. Es ist jeweils genau eine Antwort korrekt.
Über die ersten 5 Fragen kann dieser Fragebogen einem anderen Fragebogen zugeordnet werden, wobei Ihre Anonymität gewährleistet bleibt. Bitte füllen Sie auch diese Fragen gewissenhaft aus.
Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Pseudonymisierung

Bitte geben Sie ihre Praktikumsgruppe an:				
<input type="radio"/> A01	<input type="radio"/> A02	<input type="radio"/> A03	<input type="radio"/> A04	<input type="radio"/> A05
<input type="radio"/> A06	<input type="radio"/> A07	<input type="radio"/> A08	<input type="radio"/> A09	<input type="radio"/> A10
<input type="radio"/> A11	<input type="radio"/> A12	<input type="radio"/> A13	<input type="radio"/> A14	<input type="radio"/> A15
<input type="radio"/> A16	<input type="radio"/> A17	<input type="radio"/> A18	<input type="radio"/> A19	<input type="radio"/> A20
<input type="radio"/> B01	<input type="radio"/> B02	<input type="radio"/> B03	<input type="radio"/> B04	<input type="radio"/> B05
<input type="radio"/> B06	<input type="radio"/> B07	<input type="radio"/> B08	<input type="radio"/> B09	<input type="radio"/> B10
<input type="radio"/> B11	<input type="radio"/> B12	<input type="radio"/> B13	<input type="radio"/> B14	<input type="radio"/> B15
<input type="radio"/> B16	<input type="radio"/> B17	<input type="radio"/> B18	<input type="radio"/> B19	<input type="radio"/> B20
Bitte geben Sie den ersten Buchstaben des Vornamens Ihres Vaters an.			<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E <input type="radio"/> F <input type="radio"/> G <input type="radio"/> H <input type="radio"/> I <input type="radio"/> J <input type="radio"/> K <input type="radio"/> L <input type="radio"/> M <input type="radio"/> N <input type="radio"/> O <input type="radio"/> P <input type="radio"/> Q <input type="radio"/> R <input type="radio"/> S <input type="radio"/> T <input type="radio"/> U <input type="radio"/> V <input type="radio"/> W <input type="radio"/> X <input type="radio"/> Y <input type="radio"/> Z	
Bitte geben Sie den Monat des Geburtstages Ihres Vaters an.			<input type="radio"/> Jan <input type="radio"/> Feb <input type="radio"/> Mär <input type="radio"/> Apr <input type="radio"/> Mai <input type="radio"/> Jun <input type="radio"/> Jul <input type="radio"/> Aug <input type="radio"/> Sep <input type="radio"/> Okt <input type="radio"/> Nov <input type="radio"/> Dez	
Bitte geben Sie den ersten Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter an.			<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E <input type="radio"/> F <input type="radio"/> G <input type="radio"/> H <input type="radio"/> I <input type="radio"/> J <input type="radio"/> K <input type="radio"/> L <input type="radio"/> M <input type="radio"/> N <input type="radio"/> O <input type="radio"/> P <input type="radio"/> Q <input type="radio"/> R <input type="radio"/> S <input type="radio"/> T <input type="radio"/> U <input type="radio"/> V <input type="radio"/> W <input type="radio"/> X <input type="radio"/> Y <input type="radio"/> Z	
Bitte geben Sie den Monat des Geburtstages Ihrer Mutter an.			<input type="radio"/> Jan <input type="radio"/> Feb <input type="radio"/> Mär <input type="radio"/> Apr <input type="radio"/> Mai <input type="radio"/> Jun <input type="radio"/> Jul <input type="radio"/> Aug <input type="radio"/> Sep <input type="radio"/> Okt <input type="radio"/> Nov <input type="radio"/> Dez	

Lernen

Wie viel Zeit haben Sie sich für das Selbststudium für die Praktika in Physik und Physiologie genommen?	<input type="radio"/> Weniger als 1 Stunde pro Woche <input type="radio"/> Zwischen 2 und 4 Stunden pro Woche	<input type="radio"/> Zwischen 1 und 2 Stunden pro Woche <input type="radio"/> Mehr als 4 Stunden pro Woche
Wie regelmäßig haben Sie die Vorlesungen besucht?	<input type="radio"/> immer <input type="radio"/> gar nicht	
Wie intensiv haben Sie die folgenden Materialien beim Lernen für die Praktika verwendet?	<input type="radio"/> immer <input type="radio"/> gar nicht	
Physik-Skript	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Physiologie-Skript	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Altklausur- bzw. Physikumsfragen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lehrbücher	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fachartikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	immer					gar nicht				
Eigene Aufzeichnungen aus den begleitenden Lehrveranstaltungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Online-Inhalte (nicht LMUdle-Kurs "Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik")	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LMUdle-Kurs "Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fragen zum LMUdle-Kurs "Vernetzte Praktika in Physiologie & Physik"

	trifft voll zu					trifft gar nicht zu				
Die Netznavigation hat mir sehr geholfen, die inhaltlichen Zusammenhänge der Praktika zu erkennen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Fragen zur Selbstkontrolle haben mir sehr geholfen, meinen Wissensstand einzuschätzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Fragen zur Selbstkontrolle haben mir sehr geholfen, mich gezielt mit den Inhalten des Kurses auseinander zu setzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Animationen haben mir das Lernen der Inhalte sehr erleichtert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die interaktiven Elemente haben mir das Lernen der Inhalte sehr erleichtert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Verwendung des LMUdle-Kurses hat mir sehr viel Spaß gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	trifft voll zu					trifft gar nicht zu				
Mir gefällt die Mecum Moodle Lernplattform generell nicht .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich lerne sehr ungern am Computer.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich finde den LMUdle-Kurs überflüssig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe keine Zeit Lernmaterialien, wie den LMUdle-Kurs, zu verwenden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Verwendung des LMUdle-Kurses hat mir beim Verstehen der Lerninhalte nicht geholfen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich finde den LMUdle-Kurs sehr unübersichtlich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich sehe keinen Nutzen in der Verwendung des LMUdle-Kurses.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich zweifle die Qualität der Inhalte an.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe nichts von dem LMUdle-Kurs gehört.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mir wurde von der Nutzung des LMUdle-Kurses abgeraten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Online-Lernmedien, wie der LMUdle-Kurs "Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik", ziehe ich traditionellen Medien (Bücher, Skripten, ...) vor.	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein								

Ich habe den LMUdle-Kurs "Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik" nicht bzw. wenig genutzt, weil...
Ich würde den LMUdle-Kurs "Vernetzte Praktika in Physiologie und Physik" intensiver nutzen, wenn...

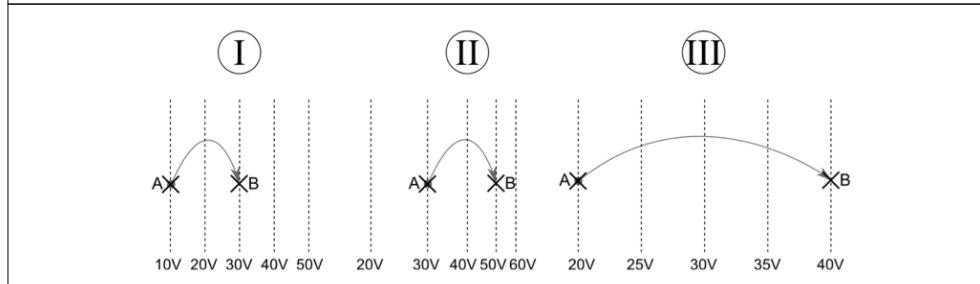


Zum Praktikum

Welche Schulnote würden Sie dem Physikpraktikum für Mediziner geben?	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6
Welche Schulnote würden Sie dem Physiologiepraktikum geben?	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6

Wissenstest**Frage 1 (Physik)**

In der folgenden Abbildung sind Orte gleichen elektrischen Potenzials als gestrichelte Linien dargestellt. Eine elektrische Ladung wird direkt von Punkt A zum Punkt B bewegt.



Welche Aussage über den Betrag der beim Ladungstransport verrichteten elektrischen Arbeit ist wahr?

- a) In Situation II wird am meisten elektrische Arbeit verrichtet.
- b) In Situation III wird am meisten elektrische Arbeit verrichtet.
- c) In Situation I und II wird die gleiche elektrische Arbeit verrichtet, aber weniger als in Situation III.
- d) In allen drei Situationen wird die gleiche elektrische Arbeit verrichtet.
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 2 (Physik)

Mit Hilfe der Nernst-Gleichung soll die Arbeit pro Ladung bestimmt werden, die verrichtet wird, wenn sich das Gleichgewichtspotenzial U_m über einer Zellmembran einstellt.

$$U_m = \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{c_a}{c_i}$$

Welche Rechenoperation muss hierfür an der Nernst-Gleichung durchgeführt werden?

- a) Keine, die Spannung entspricht der verrichteten Arbeit pro Ladung.
- b) Division durch die Gesamtladung der transportierten Ionen.
- c) Multiplikation mit der Gesamtladung der transportierten Ionen.
- d) Multiplikation mit dem Kehrwert des Membranwiderstands.
- e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Frage 3 (Physiologie)

Eine wichtige Größe zur Beschreibung erregbarer Zellen ist das Membranpotenzial. Welche Ionensorte hat unter physiologischen Bedingungen den höchsten Beitrag zur Entstehung des Membranpotenzials?

- Die Ionensorte,
- a) welche die höchste intrazelluläre Konzentration aufweist.
 - b) für welche die Zellmembran die höchste Leitfähigkeit aufweist.
 - c) welche die höchste Ladungszahl hat.
 - d) welche das größte Gleichgewichtspotenzial aufweist.
 - e) Ich weiß es nicht.

☐ a) ☐ b) ☐ c) ☐ d) ☐ e)

Anhang B

Diagramme & Tabellen

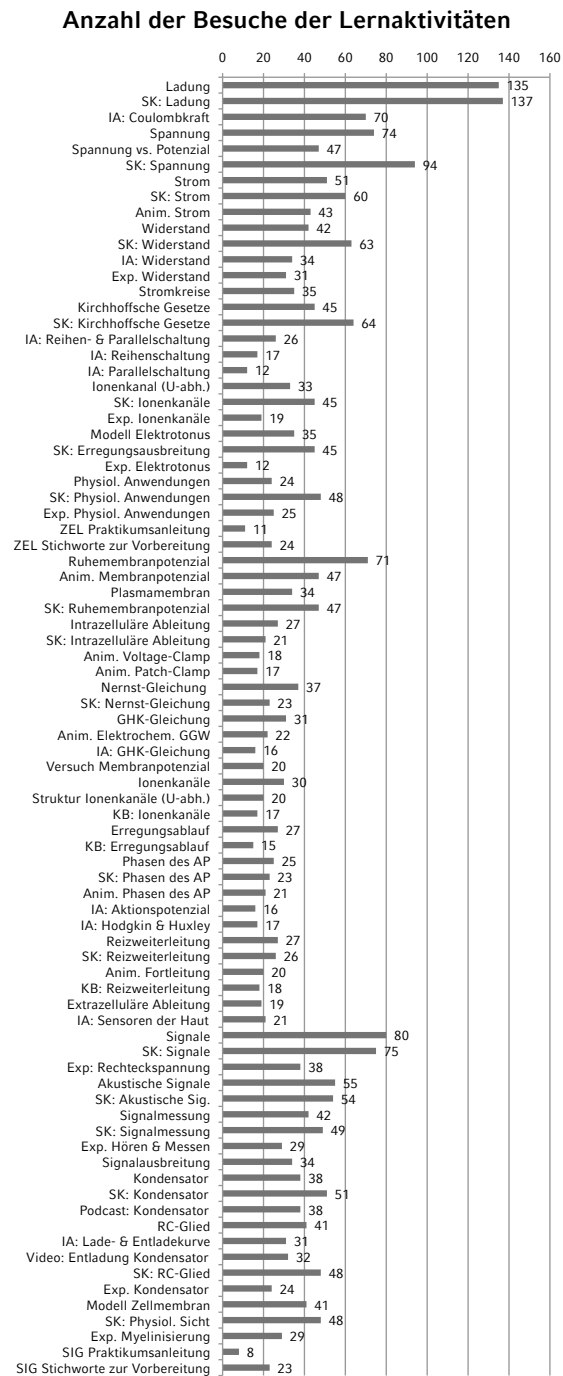


Abbildung B.1: Darstellung der absoluten Häufigkeiten der Besuche der Lernaktivitäten des LMUde-Kurses

Farbig hinterlegte Zellen stehen für Werte größer gleich des Mittelswerts.

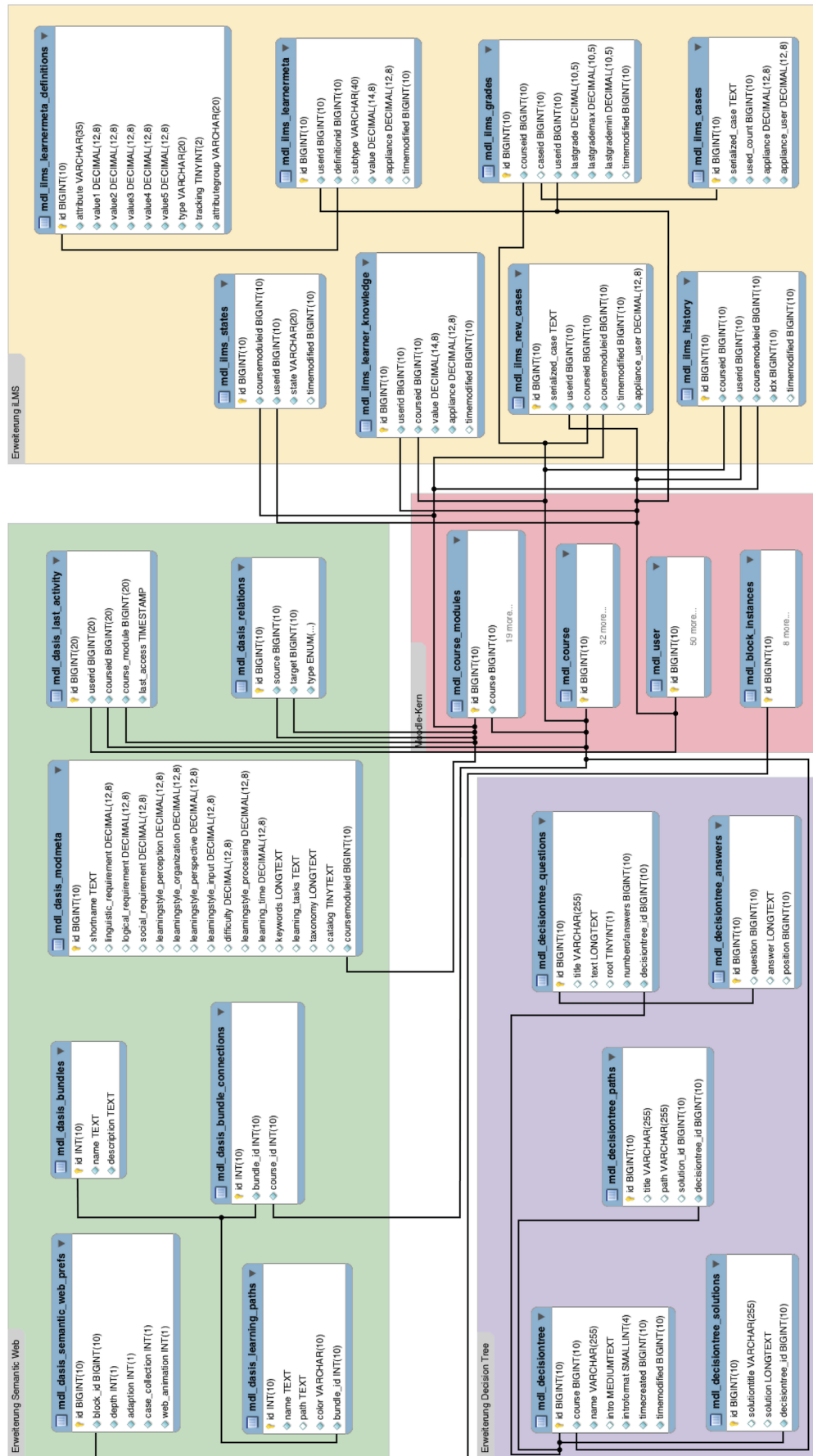
	ZEL	MAPN	SIG
1	Ladung	Ruhemembranpotenzial	Signale
2	SK: Ladung	Anim. Membranpotenzial	SK: Signale
3	IA: Coulombkraft	Plasmamembran	Exp: Rechteckspannung
4	Spannung	SK: Ruhemembranpotenzial	Akustische Signale
5	Spannung vs. Potenzial	Intrazelluläre Ableitung	SK: Akustische Sig.
6	SK: Spannung	SK: Intrazelluläre Ableitung	Signalmessung
7	Strom	Anim. Voltage-Clamp	SK: Signalmessung
8	SK: Strom	Anim. Patch-Clamp	Exp. Hören & Messen
9	Animation: Strom	Nernst-Gleichung	Signalausbreitung
10	Widerstand	SK: Nernst-Gleichung	Kondensator
11	SK: Widerstand	GHK-Gleichung	SK: Kondensator
12	IA: Widerstand	Anim. Elektrochem. GGW	Podcast: Kondensator
13	Exp. Widerstand	IA: GHK-Gleichung	RC-Glied
14	Stromkreise	Versuch Membranpotenzial	IA: Lade- & Entladekurve
15	Kirchhoff'sche Gesetze	Ionenkanäle	Video: Entladung Kondensator
16	SK: Kirchhoff'sche Gesetze	Struktur Ionenkanäle (U-abh.)	SK: RC-Glied
17	IA: Reihen- & Parallelschaltung	KB: Ionenkanäle	Exp. Kondensator
18	IA: Reihenschaltung	Erregungsablauf	Modell Zellmembran
19	IA: Parallelschaltung	KB: Erregungsablauf	SK: Physiol. Sicht
20	Ionenkanal (U-abh.)	Phasen des AP	Exp. Myelinisierung
21	SK: Ionenkanäle	SK: Phasen des AP	SIG Praktikumsanleitung
22	Exp. Ionenkanäle	Anim. Phasen des AP	SIG Stichworte zur Vorbereitung
23	Modell Elektrotonus	IA: Aktionspotenzial	
24	SK: Erregungsausbreitung	IA: Hodgekin & Huxley	
25	Exp. Elektrotonus	Reizweiterleitung	
26	Physiol. Anwendungen	SK: Reizweiterleitung	
27	SK: Physiol. Anwendungen	Anim. Fortleitung	
28	Exp. Physiol. Anwendungen	KB: Reizweiterleitung	
29	ZEL Praktikumsanleitung	Extrazelluläre Ableitung	
30	ZEL Stichworte zur Vorbereitung	IA: Sensoren der Haut	

Tabelle B.1: Die Lernobjekte der Themenbereiche, sortiert nach der Reihenfolge der Kursübersicht. ZEL: Grundlagen zellulärer Erregbarkeit (Physik), MAPN: Membranpotenzial, Aktionspotenzial und peripherer Nerv (Physiologie), SIG: Signale (Physik)

Anhang C

Integration der Moodle-Erweiterungen in die Datenbank

Die entwickelten Moodle-Erweiterungen speichern ihre Daten in eigenen Tabellen, welche in die Datenbank von Moodle integriert wurden. Die Abbildung zeigt die Tabellen der Netznavigation (Semantic Web), der Adaption (iLMS), des Entscheidungsbaum-Plugins und ihrer Verknüpfungen zu den Tabellen des Moodle-Kerns. Außerdem sind alle Felder der Tabellen der entwickelten Erweiterungen aufgelistet. Die Linien symbolisieren gleiche Werte (Fremdschlüssel).



Danksagung

Zuerst möchte ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Michael Meyer, Leiter der AG Molekulare Neurophysiologie am Physiologischen Institut der LMU und Studiendekan für den ersten Studienabschnitt der Humanmedizin, für die Betreuung danken, bei der er mir größtmöglichen Freiraum ließ und doch jederzeit für mich ansprechbar war.

Mein herzlicher Dank gilt auch dem gesamten Team von LMU Co.Med, auf dessen Unterstützung ich immer bauen konnte und in dem ich mich gut aufgehoben fühlte. Insbesondere danke ich Frau Dr. Kathrin Dethleffsen, Leiterin dieser Arbeitsgruppe, für die zahllosen Gespräche, die mir bei der Entwicklung der Lernumgebung und der Gestaltung der Studie sehr geholfen haben. Ebenso möchte ich Frau Dr. Nicola Eberhorn meinen Dank aussprechen, weil sie mir bei der Physiologie und Neuronanatomie auf die Sprünge half. Für die Bewältigung der großen Mengen an ausgefüllten Evaluationsbogen danke ich Herrn Markus Weidelt. Außerdem gilt mein Dank Frau Dr. Inga Hege, Beauftragte der Medizinischen Fakultät für eLearning und Medien, sowie Frau Julia Küfner und Frau Iwona Pelczar für den stets prompten Support bei Belangen rund um die LMUdle-Lernplattform. Für die wertvollen Anregungen zum Design der Feldstudie danke ich Herrn Dr. Alexander Rachel. Bei meinem Kollegen Herrn Dr. Michael Plomer bedanke ich mich für die Empfehlung bei Herrn Meyer, unseren Doktorvater, ohne die ich diese Promotion wohl nicht angefangen hätte.

Schließlich danke ich meiner Frau Irina, dass sie mich bestärkt hat zu promovieren und währenddessen nie müde wurde meinen Umschreibungen zuzuhören und Gedanken zu folgen.